

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 632**

51 Int. Cl.:

**G01F 1/58** (2006.01)

**G01F 1/60** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04705208 .9**

96 Fecha de presentación: **26.01.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1592949**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.11.2005**

54 Título: **Sensor de flujo y método para medir una componente de caudal de un fluido que contiene elementos cargados eléctricamente**

30 Prioridad:  
**10.02.2003 SE 0300342**  
**19.11.2003 US 523723 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**12.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**12.06.2012**

73 Titular/es:  
**GAMBRO LUNDIA AB**  
**MAGISTRATSVÄGEN 16, BOX 10101**  
**220 10 LUND, SE**

72 Inventor/es:  
**HALLSTADIUS, Hans;**  
**OHLSSON, Göran;**  
**GUSTAFSON, Sven;**  
**JONASSON, Bengt y**  
**BERTINSSON, Gert-Inge**

74 Agente/Representante:  
**No consta**

ES 2 382 632 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

Sensor de flujo y método para medir una componente de caudal de un fluido que contiene elementos cargados eléctricamente.

Antecedentes de la invención y técnica anterior

5 La presente invención se refiere, en general, a la medición de un flujo de fluido. Más particularmente, la invención se refiere a un sensor de flujo según el preámbulo de la reivindicación 1, a una unidad de medición de ultrafiltración según el preámbulo de la reivindicación 8 y a un método para medir una componente de caudal según el preámbulo de la reivindicación 10.

10 Existen muchos ámbitos técnicos en los que se requiere una medición de flujo de fluido precisa. Pueden encontrarse numerosas aplicaciones representativas, por ejemplo, en el campo de la tecnología médica. Sin embargo, se requiere normalmente alguna forma de medición de flujo en la mayoría de los casos en los que un fluido/líquido debe transportarse desde un punto a otro. Las mediciones de flujo de fluido también pueden usarse para determinar la velocidad de una nave que se desplaza por el agua o un líquido similar. Naturalmente, pueden emplearse en este caso sensores de flujo mecánicos. No obstante, cuando se requiere una alta precisión, generalmente se prefieren sensores medición de flujo electromagnéticos. Este tipo de sensores se basan en una técnica ampliamente conocida en la que se aplica un campo magnético para interactuar con elementos cargados eléctricamente, tales como iones, en el fluido que fluye para producir un campo eléctrico resultante. Por tanto, según la ley de Faraday, la magnitud del campo eléctrico inducido constituye una medida del caudal del fluido.

20 El solicitante desarrolla y fabrica equipamiento médico, por ejemplo productos renales en forma de aparatos de diálisis, que utilizan una técnica de medición de flujo electromagnética de este tipo. Habitualmente, se han empleado sensores de flujo con electrodos de platino para entregar valores precisos y fiables de los flujos de fluido registrados. El platino, y el negro de platino en particular, efectúan concretamente un buen contacto eléctrico entre los electrodos y el líquido de diálisis, de modo que las dimensiones de electrodo pueden mantenerse relativamente pequeñas, y por consiguiente dar lugar a un patrón de campo magnético lineal en la sección transversal de la conducción del fluido.

25 En los últimos años se ha introducido una denominada práctica de carga con glucosa en la que se añade glucosa al líquido de diálisis con el fin de imitar mejor la composición de la propia sangre del paciente, y de ese modo evitar, entre otras cosas, determinados riesgos metabólicos para el paciente. Sin embargo, la glucosa también produce efectos no deseados debido a su actividad electroquímica con el platino. Durante el funcionamiento de un aparato de diálisis con un líquido de diálisis cargado con glucosa, una reacción catalítica provoca que la glucosa se oxide sobre las superficies de platino de los sensores de flujo. Esto disminuye la fiabilidad de las mediciones de flujo. Concretamente, la oxidación puede dar como resultado un nivel de CC variable (CC = corriente continua) en los electrodos de sensor, lo que a su vez dificulta la determinación de la contribución al campo eléctrico registrado provocada por la interacción electromagnética entre el campo magnético aplicado y los elementos cargados en el líquido que fluye (es decir en este caso iones en el líquido de diálisis).

35 La solicitud de patente estadounidense n.º 2002/0050175 describe un método y sensor de flujo magnético, en el que se compensa una deriva no deseada de las tensiones de electrodo, ya sea interconectando los electrodos de detección o conectándolos a un potencial común, tal como a tierra. También en este caso, una tensión indicativa del caudal se mide por medio de al menos dos electrodos. Se usa un circuito de medición de tensión de alta impedancia para registrar una tensión entre los electrodos. Por tanto, durante la medición, los electrodos se encuentran en un estado de circuito abierto, y pueden por tanto verse influidos eléctricamente por la polarización de electrodo y otros factores que inducen a error en la medición, que se desarrollan de manera relativamente lenta. Para evitar tales efectos, los electrodos se encuentran en un estado de circuito cerrado la mayor parte del tiempo y se ponen en un estado de circuito abierto sólo durante una porción de intervalo de medición relativamente breve del ciclo operativo.

45 Aunque esta estrategia puede resolver el problema de la deriva, da como resultado una frecuencia de muestreo máxima limitada, y por consiguiente también una restricción de precisión con respecto a la detección de cambios rápidos en el caudal. Además, el procedimiento requiere una considerable cantidad de conmutación de alta velocidad, y es por tanto caro de implementar y relativamente susceptible a un mal funcionamiento.

Sumario de la invención

50 El objeto de la presente invención es, por tanto, paliar los problemas anteriores y poner así en práctica una solución para la medición de flujo mediante la cual puede determinarse un caudal de fluido preciso incluso cuando los electrodos de sensor pueden verse afectados electroquímicamente por el fluido y sus constituyentes.

Según un aspecto de la invención, el objeto se consigue mediante el sensor de flujo inicialmente descrito, que está caracterizado porque comprende al menos un circuito de suministro de corriente continua adaptado para alimentar una respectiva corriente de control a cada uno de los electrodos de sensor primero y segundo en la disposición de sensor eléctrico. Cada una de las corrientes de control tiene un signo y magnitud tal que un nivel de tensión de CC en los electrodos de sensor primero y segundo con respecto a un potencial de referencia se controla hacia una tensión predeterminada.

Una ventaja importante que se logra mediante esta estrategia es que se evita cualquier deriva en el nivel de CC que podría haberse producido de otro modo debido a una oxidación de uno o más de los electrodos de sensor. Al mismo tiempo, la medición de flujo puede realizarse de manera continua, y/o pueden generarse valores de muestreo de caudal a una frecuencia arbitraria.

5 Según una realización preferida de este aspecto de la invención, el al menos un circuito de suministro de corriente continua incluye una unidad de filtrado paso bajo diferencial, una unidad de integrador y un generador de corriente controlable. La unidad de filtrado paso bajo diferencial está adaptada para generar una señal de diferencia filtrada paso bajo que representa una varianza entre la tensión predeterminada y la tensión registrada. La unidad de integrador está adaptada para recibir la señal de diferencia filtrada paso bajo y, en respuesta a la misma, producir una señal de ajuste. Finalmente, el generador de corriente controlable está adaptado para producir la corriente de control en respuesta a la señal de ajuste. Este diseño del circuito de suministro de corriente es ventajoso porque pone en práctica una entrega fiable de la corriente de control con medios relativamente simples.

10 Según aún una realización preferida de este aspecto de la invención, el al menos un circuito de suministro de corriente continua incluye una unidad de almacenamiento intermedio de impedancia de entrada alta, que está adaptada para recibir una señal de tensión primaria desde la disposición de sensor eléctrico. En respuesta a la misma, la unidad de almacenamiento intermedio genera una señal de tensión almacenada de manera intermedia que refleja la tensión en los electrodos de sensor. Naturalmente, una función importante de la unidad de almacenamiento intermedio es evitar que la corriente de control se alimente de vuelta a través del circuito de suministro de corriente continua.

15 Según otra realización preferida de este aspecto de la invención, la sección de conducto incluye al menos un electrodo de referencia además de los electrodos de sensor primero y segundo. Este al menos un electrodo de referencia está adaptado para producir un potencial de referencia en el fluido que fluye, al que se refiere la tensión que se registra en los electrodos de sensor. O bien el al menos un electrodo de referencia aplica una tensión particular, tal como una tensión a tierra al fluido que fluye, o bien, en lugar de ello, el al menos un electrodo de referencia se usa para registrar una tensión aplicada externamente. En cualquier caso, el al menos un electrodo de referencia alivia un registro preciso también de tensiones muy pequeñas entre los electrodos de sensor, lo cual evidentemente es una característica deseable.

20 Según aún otra realización preferida de este aspecto de la invención, una superficie de contacto con el fluido de al menos uno de los electrodos de sensor contiene platino, por ejemplo al estar recubierta al menos parcialmente con negro de platino. Una ventaja importante se logra concretamente con este material, ya que tiene un área de superficie extremadamente grande. Por tanto puede obtenerse un buen contacto eléctrico entre el electrodo y el fluido mediante un electrodo que tiene dimensiones relativamente pequeñas.

25 Según otro aspecto de la invención, el objeto se consigue mediante la unidad de medición de ultrafiltración inicialmente descrita, que está caracterizada porque contiene al menos un sensor de flujo del tipo propuesto anteriormente. Tal unidad de medición de ultrafiltración permite, por ejemplo, mediciones de flujo fiables en un aparato de diálisis en el que el líquido de diálisis contiene glucosa. Ésta es una característica muy deseable en la medicina renal actual.

30 Según una realización preferida de este aspecto de la invención, la unidad de medición de ultrafiltración incluye una célula de medición, en la que un primer sensor de flujo está dispuesto con su sección de conducto paralela a la sección de conducto de un segundo sensor de flujo, de manera que un campo magnético común puede magnetizar el fluido que fluye en ambos sensores. Este diseño es ventajoso porque, de este modo, los circuitos para poner en práctica la magnetización pueden hacerse relativamente sencillos.

35 Según otro aspecto de la invención, el objeto se consigue mediante el método inicialmente descrito para medir una componente de caudal, que está caracterizado por alimentar al menos una corriente de control a una disposición de sensor eléctrico para registrar la tensión. La corriente de control en este caso tiene un signo y magnitud tal que un nivel de tensión de corriente continua en la disposición de sensor eléctrico se controla hacia una tensión predeterminada, por ejemplo cero voltios en relación a un potencial de referencia.

40 Tal como se mencionó anteriormente, de este modo se evita cualquier deriva en el nivel de CC que podría haberse producido de otro modo debido a una oxidación de uno o más de los electrodos de sensor. Al mismo tiempo, la medición de flujo puede realizarse de manera continua, y/o pueden generarse valores de muestreo de caudal en un intervalo arbitrario. Estos dos atributos son ambos muy deseables, particularmente en aplicaciones médicas.

45 Según una realización preferida de este aspecto de la invención, el método incluye las siguientes etapas. En primer lugar, la tensión registrada se compara con la tensión predeterminada para producir una varianza entre las tensiones. Entonces, se extrae una componente de tensión de corriente continua a partir de esta varianza, lo que constituye una base para una corriente de control. Finalmente, la corriente de control se alimenta a la disposición de sensor eléctrico, de manera que el nivel de tensión de corriente continua en la disposición de sensor eléctrico se controla hacia la tensión predeterminada. Generalmente es preferible completar estas etapas de manera continua y en paralelo, de manera que, por ejemplo, durante la extracción de la tensión de CC a partir de una varianza particular, se determina la varianza entre una tensión registrada algo más tarde y la tensión predeterminada, y así sucesivamente.

50 Según aún una realización preferida de este aspecto de la invención, la producción de la corriente de control implica las siguientes subetapas. En primer lugar, se recibe una señal de ajuste, que refleja la componente de tensión de corriente

continua de la varianza entre la tensión registrada y la tensión predeterminada. Después, basándose en la señal de ajuste, se genera la corriente de control. Se consigue así una regulación adaptativa y directa de la corriente de control.

Según otra realización preferida de este aspecto de la invención, el campo magnético tiene una frecuencia base que es diferente de un múltiplo de una frecuencia de red de suministro de electricidad típica, tal como 50 ó 60 hercios. De este modo pueden evitarse concretamente fenómenos de resonancia no deseados.

Aunque la invención mejora la precisión y la fiabilidad de las mediciones de flujo realizadas con respecto a un fluido que corre el riesgo de interactuar electroquímicamente con los electrodos de sensor, la solución propuesta es adecuada del mismo modo para mediciones de flujo de cualquier fluido no corrosivo. El único requisito es que el fluido contenga al menos cierta cantidad de elementos cargados eléctricamente.

10 Breve descripción de los dibujos

La presente invención se explicará ahora más detalladamente por medio de realizaciones preferidas, que se dan a conocer como ejemplos, y con referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra una vista esquemática de un sensor de flujo según la invención,

la figura 2a muestra un gráfico que ilustra una corriente de magnetización que controla un campo magnético a través de una sección de conducto del sensor de flujo según una realización de la invención,

la figura 2b muestra un gráfico que ilustra un correspondiente campo eléctrico inducido en el fluido que fluye como resultado del campo magnético producido por la corriente de magnetización ilustrada en la figura 2a,

la figura 3 representa un diagrama de bloques sobre un circuito de suministro de corriente continua propuesto que alimenta corriente a los electrodos de sensor de manera que su nivel de tensión de CC se controla hacia una tensión predeterminada,

la figura 4 muestra un diagrama de flujo que ilustra el método general según la invención, y

la figura 5 muestra una vista esquemática de una unidad de medición de ultrafiltración según una realización de la invención.

Descripción de realizaciones preferidas de la invención

Una vista esquemática de un sensor de flujo según la invención se muestra en la figura 1. El sensor incluye una sección 100 de conducto para recibir un flujo de fluido, un controlador 115 de imán para controlar la polaridad y la intensidad de un campo magnético B a través de la sección 100 de conducto, y un sensor 125 de tensión para registrar una tensión U inducida en el flujo de fluido por medio del campo magnético B.

El sensor mide una componente de caudal Q a lo largo de una dirección seleccionada de un fluido que fluye a través de la sección 100 de conducto. La dirección seleccionada (indicada con flechas continuas) coincide en este caso con la extensión longitudinal de la sección 100 de conducto. La componente de caudal Q se mide por el área de sección transversal D de la sección 100 de conducto que, por motivos de ilustración, en este ejemplo tiene una forma rectangular con un ancho w y un alto h. En la práctica, sin embargo, es concebible cualquier forma de sección transversal alternativa.

El fluido se supone que contiene elementos cargados eléctricamente, tales como iones. Estos elementos se transportan por el fluido que fluye a través de la sección 100 de conducto a una velocidad promedio v en la dirección seleccionada. Un par de medios 110 y 111 de magnetización controlables respectivamente están dispuestos uno sustancialmente opuesto al otro en la sección 100 de conducto, por ejemplo en las paredes laterales. Los medios 110 y 111 de magnetización están orientados de manera que un eje magnético entre los mismos es sustancialmente perpendicular a la dirección de flujo seleccionada. Además, cada uno de los medios 110 y 111 de magnetización contiene una bobina conductora, que está eléctricamente conectada al controlador 115 de imán. De este modo, por medio de una corriente de magnetización  $I_B$ , el controlador 115 de imán puede generar un campo magnético B a través de la sección 100 de conducto entre los medios 110; 111 de magnetización cuya intensidad depende de la magnitud de la corriente de magnetización  $I_B$ , que se envía a través de las bobinas conductoras. La polaridad de este campo magnético B se determina mediante el signo (es decir sentido) de la corriente de magnetización  $I_B$ . La figura 2a muestra un gráfico a modo de ejemplo de tal corriente de magnetización  $I_B$  para controlar el campo magnético B. Preferiblemente, la dirección de corriente en la bobina conductora de los medios 110 y 111 de magnetización se invierte después de cada periodo de la corriente de magnetización  $I_B$  (por ejemplo en conexión con el flanco negativo de  $I_B^+$  a  $I_B^-$ ) por medio de una operación de conmutación, de manera que, al mismo tiempo, se altera la polaridad del campo magnético. Debido a la relación lineal entre la corriente de magnetización  $I_B$  y el campo magnético B, el gráfico en la figura 2a podría considerarse también, de hecho, como una ilustración de la intensidad del campo magnético B en función del tiempo t. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que la dirección de corriente se invierte tras completarse cada periodo de corriente de magnetización. Por tanto, un periodo del campo magnético corresponde a dos periodos de corriente de magnetización. Según la ley de Faraday, un campo eléctrico E se produce en el fluido que fluye como resultado de una interacción entre los elementos cargados eléctricamente en el fluido y el campo magnético B. El campo eléctrico E tiene su componente máxima en una dirección,

que es perpendicular tanto a la dirección de la componente de flujo (más grande) como al eje del campo magnético B, y puede expresarse como  $E = v \times B$ , donde v representa la velocidad promedio y B representa el campo magnético.

Una disposición de sensor eléctrico se usa para registrar el campo eléctrico E por medio de un primer electrodo 120 de sensor y un segundo electrodo 121 de sensor. Los electrodos 120 y 121 de sensor están dispuestos en la sección 100 de conducto para mojarse por el fluido que fluye en la misma. Según una realización preferida de la invención, la superficie de contacto con el fluido de los electrodos 120 y 121 de sensor contiene platino, y más preferiblemente, está recubierta al menos parcialmente con negro de platino. Además, con el fin de permitir el registro de un vector de campo eléctrico lo más grande posible, los electrodos 120 y 121 de sensor están separados entre sí a lo largo de una línea que es sustancialmente perpendicular tanto a la dirección de flujo seleccionada como al eje magnético del campo magnético B. El sensor 125 de tensión está conectado eléctricamente tanto al primer electrodo 120 de sensor como al segundo electrodo 121 de sensor, de modo que el sensor 125 de tensión puede registrar una tensión U entre los electrodos 120 y 121.

Por tanto, en este ejemplo, cuando los electrodos 120 y 121 de sensor están dispuestos en el fondo y en las paredes superiores de la sección 100 de conducto, la distancia entre los electrodos 120 y 121 de sensor es igual a la altura h de la sección 100 de conducto. Por tanto, una componente de tensión  $V_Q$  entre los electrodos 120 y 121 de sensor provocada por la interacción entre los elementos cargados eléctricamente en el fluido y el campo magnético B puede expresarse como:  $V_Q = v \cdot B$ . La relación entre la componente de caudal Q y la velocidad promedio v es:  $Q = v \cdot D \cdot B$ , donde D indica el área de sección transversal de la sección 100 de conducto. Por consiguiente, la componente de tensión  $V_Q$  puede expresarse como  $V_Q = Q/D$ . El hecho de que el área D sea constante hace que la componente de tensión  $V_Q$  sea proporcional a la componente de caudal Q. Además, generalmente es preferible medir la tensión U entre los electrodos 120 y 121 de sensor en instantes de tiempo en los que el campo magnético tiene un valor particular (y sustancialmente constante). La figura 2b muestra un gráfico a modo de ejemplo que ilustra cómo puede definirse una componente de tensión  $V_Q$  basándose en mediciones de la tensión U entre los electrodos 120 y 121 de sensor.

Según una realización preferida de la invención, la sección 100 de conducto incluye al menos un electrodo de referencia además de los electrodos 120 y 121 de sensor primero y segundo. El sensor de flujo en la figura 1 tiene dos electrodos 130 y 131 de referencia de este tipo, que están adaptados ambos para producir un potencial de referencia para la tensión U. Técnicamente, sin embargo, un electrodo de referencia es suficiente. Normalmente, la tensión de referencia representa un potencial a tierra aplicado al fluido que fluye en la sección 100 de conducto por medio de los electrodos 130 y 131 de referencia. Sin embargo, es concebible cualquier otro potencial eléctrico. Según una realización alternativa de la invención, en lugar de aplicar una tensión, los electrodos 130 y 131 de referencia registran una tensión aplicada externamente al fluido.

Puesto que, preferiblemente, la polaridad del campo magnético B varía regularmente, por ejemplo en respuesta a una corriente de magnetización  $I_B$  según el gráfico en la figura 2a y a una operación de conmutación realizada al final de cada periodo, la componente de CC de la tensión registrada U carece de interés para la medición de flujo. Por tanto, la componente de CC debe anularse. Los electrodos 130 y 131 de referencia facilitan esta anulación al suministrar al sensor 125 de tensión un valor apropiado del nivel de tensión de CC que está presente en el fluido que fluye, de modo que esta componente puede sustraerse de la tensión registrada U.

La figura 2b muestra un gráfico que ilustra una tensión U a modo de ejemplo registrada entre los electrodos 120 y 121 de sensor cuando la corriente de magnetización  $I_B$  ilustrada en figura 2a se alimenta a los medios 110 y 111 de magnetización, y se efectúa una operación de conmutación que altera la dirección de corriente una vez completado cada periodo. En el ejemplo ilustrado, la señal de tensión U contiene una componente de CC,  $U_{CC}$ , y como resultado de dicha operación de conmutación, dos periodos de corriente de magnetización  $I_B$  corresponden a un periodo de tensión U inducida.

Para evitar la aparición de fenómenos de resonancia no deseados, es preferible seleccionar la frecuencia base del campo magnético B en un valor que sea diferente de un múltiplo de una frecuencia de red de suministro eléctrico típica (tal como 50 Hz o 60 Hz). Por consiguiente, 401 Hz constituye un ejemplo de una frecuencia de campo magnético adecuada.

Preferiblemente, la señal de tensión U se muestrea en instancias de tiempo  $t_1$  y  $t_2$ , cuando la señal ha alcanzado un valor estable (por ejemplo correspondiente a cuando la corriente de magnetización  $I_B$  ha alcanzado un nivel positivo constante  $I_B^+$ , poco antes de conmutar a un valor de corriente negativo  $I_B^-$ ). Debido a la polaridad cambiante del campo magnético B, la señal de tensión U también varía a lo largo del tiempo. Un primer nivel de tensión relativamente estable  $V_Q^+$  y un segundo nivel de tensión relativamente estable  $V_Q^-$  respectivamente (correspondiente al nivel constante  $I_B^+$  de la corriente de magnetización  $I_B$ ) pueden registrarse en las instancias de tiempo  $t_1$ ,  $t_2$ , etc. La diferencia de tensión  $V_Q$  entre los niveles de tensión  $V_Q^+$  y  $V_Q^-$  constituye aquí una medida del caudal Q del fluido que fluye a través de la sección 100 de conducto.

Según la invención, el sensor de flujo también incluye al menos un circuito 300 de suministro de corriente continua, que está adaptado para alimentar una corriente de control  $I_{ctrl-0}$  a la disposición de sensor eléctrico (es decir cada uno de los electrodos 120 y 121 de sensor primero y segundo) de un signo y magnitud tal que el nivel de tensión de CC en los electrodos 120 y 121 de sensor con respecto a un potencial de referencia (por ejemplo producido por los electrodos 130 y

131 de referencia) se controla hacia una tensión predeterminada, por ejemplo cero voltios. La figura 3 representa un diagrama de bloques sobre un circuito de suministro de corriente continua propuesto para suministrar una corriente de control  $I_{ctrl-0}$  al primer electrodo 120 de sensor. Un circuito de suministro de corriente continua equivalente se usa también para producir una correspondiente corriente de control  $I_{ctrl-1}$  al segundo electrodo 121 de sensor, sin embargo por motivos de simplicidad, este circuito no se representa explícitamente en la figura.

El circuito 300 de suministro de corriente continua incluye una unidad 320 de filtrado paso bajo diferencial, una unidad 330 de integrador y un generador 340 de corriente controlable. Preferiblemente, el circuito 300 de suministro de corriente continua también incluye una unidad 310 de almacenamiento intermedio de alta impedancia de entrada, que está adaptada para recibir una señal de tensión primaria  $U$  desde la disposición de sensor eléctrico y, en respuesta a la misma, generar una señal de tensión almacenada de manera intermedia  $U'$  que refleja la tensión en el primer electrodo 120 de sensor y el segundo electrodo 121 de sensor. La unidad 320 de filtrado paso bajo diferencial recibe la tensión registrada  $U$  (ya sea directamente desde la disposición de sensor eléctrico, o a través de la unidad 310 de almacenamiento intermedio), recibe una tensión predeterminada  $CC_{set}$  (generada normalmente basándose en valores en los electrodos 130 y 131 de referencia), y extrae a partir de la misma una señal de diferencia filtrada paso bajo  $\Delta U_{LF}$  que representa un valor de diferencia de CC entre la tensión predeterminada  $CC_{set}$  y la señal de tensión registrada  $U$  (o  $U'$ ). La unidad 330 de integrador está adaptada para recibir la señal de diferencia filtrada paso bajo  $\Delta U_{LF}$  y, en respuesta a la misma, produce una señal de ajuste  $CC_{adj}$ , que representa una medida de cuánto debe ajustarse el nivel de tensión de CC en la disposición de sensor eléctrico con el fin de alcanzar la tensión deseada  $CC_{set}$ . Por tanto, la unidad 320 de filtrado paso bajo diferencial y la unidad 330 de integrador forman, juntas, la parte PI de un regulador PI para la tensión de CC en la disposición de sensor eléctrico.

El generador 340 de corriente controlable está adaptado para recibir la señal de ajuste  $CC_{adj}$  y, en respuesta a la misma, producir la corriente de control  $I_{ctrl-0}$ , que se alimenta al primer electrodo 120 de sensor en la disposición de sensor eléctrico. De manera análoga a ello, una correspondiente corriente  $I_{ctrl-1}$  de control se alimenta al segundo electrodo 121 de sensor. De este modo, el nivel de tensión de CC en los electrodos 120 y 121 de sensor se controla hacia la tensión predeterminada.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo que ilustra el método general según la invención para medir una componente de caudal de un fluido, que contiene elementos cargados eléctricamente.

El método presupone que el fluido se magnetiza por medio de un campo magnético  $B$  que tiene una polaridad periódicamente alternante y un eje magnético que está orientado sustancialmente perpendicular a una dirección de flujo seleccionada a lo largo de la cual debe medirse el caudal. Además, una tensión se registra a través del fluido que fluye a lo largo de una línea que es sustancialmente perpendicular tanto a la dirección de flujo seleccionada como al eje magnético.

Una primera etapa del método 410 registra una tensión de electrodo sensor. Después, una etapa 420 extrae una componente de tensión de CC a partir de la tensión registrada y compara la componente de tensión de CC con una tensión predeterminada que representa un valor de referencia con respecto al nivel de tensión de CC del sensor de flujo. Posteriormente, una etapa 430 genera una señal de ajuste, que a su vez constituye una base para producir una corriente de control. Después de eso, una etapa 440 alimenta esta corriente de control a los electrodos de sensor. La corriente de control tiene un signo y magnitud tal que el nivel de tensión de corriente continua en los electrodos de sensor se controla hacia la tensión predeterminada.

La figura 5 muestra una vista esquemática de una unidad 500 de medición de ultrafiltración según una realización de la invención. La unidad 500 puede usarse para regular los flujos de líquido de diálisis (por ejemplo que contienen glucosa) hacia y desde un aparato de diálisis.

La unidad 500 de medición de ultrafiltración propuesta incluye una bomba 530, una célula 510 de medición, y válvulas 540, 550, 555 y 560. La bomba 530 ayuda a efectuar el flujo deseado  $Q'$  de líquido de diálisis no contaminado al aparato de diálisis  $D_{in}$ . Las válvulas 540, 550, 555 y 560 se usan para controlar el volumen de ultrafiltración por unidad de tiempo. Un flujo de salida  $D_{out}$  de líquido de diálisis usado desde el aparato de diálisis se recibe en la unidad 500 a través de la válvula 550, y se expulsa para desecharlo  $Q''$  a través de la célula 510 de medición.

La célula 510 de medición contiene un primer sensor 100a de flujo ubicado en un primer canal de flujo y un segundo sensor 100b de flujo ubicado en un segundo canal de flujo. Los sensores 100a y 100b de flujo están dispuestos con sus secciones de conducto en paralelo entre sí, de manera que un campo magnético común puede magnetizar el fluido que fluye tanto en el primer sensor 100a de flujo como en el segundo sensor 100b de flujo. Este diseño es concretamente ventajoso porque, de este modo, los circuitos para efectuar la magnetización pueden realizarse de manera relativamente sencilla. La célula 510 de medición mide el caudal de líquido de diálisis hacia el aparato de diálisis  $D_{in}$  a través del primer canal de flujo, y un correspondiente caudal  $D_{out}$  desde el aparato de diálisis a través del segundo canal de flujo. Por tanto, por medio de mediciones realizadas en la célula 510 de medición, los caudales  $D_{in}$  ( $Q'$ ) y  $D_{out}$  ( $Q''$ ) pueden controlarse para obtener un volumen de ultrafiltración deseado por unidad de tiempo.

Para evitar (o al menos minimizar) errores de cálculo en las mediciones de flujo, la unidad 500 de medición realiza una autocalibración, por medio de un denominado procedimiento de tara, a intervalos regulares (normalmente una vez cada 30 minutos durante el tratamiento de diálisis).

- 5 El procedimiento de tara incluye una fase en la que se mide un flujo cero. En este caso, la válvula 540 está abierta y las válvulas 550, 555 y 560 están cerradas, de modo que el flujo Q' de líquido de diálisis no contaminado se expulsa directamente para desecharlo Q" sin pasar por la célula 510 de medición o el aparato de diálisis.
- 10 En otra fase del procedimiento de tara se mide un flujo diferencial entre los dos canales de flujo y se ajusta a cero. En este caso, la válvula 555 está abierta mientras que las válvulas 540, 550 y 560 están cerradas, de modo que el flujo Q' de líquido de diálisis no contaminado pasa a la célula 510 de medición a través tanto del primer como del segundo canal de flujo, y se expulsa entonces para desecharlo Q" (es decir sin pasar por el aparato de diálisis). Preferiblemente, en esta fase, el flujo Q' se ajusta a un valor normalizado y bien definido, por ejemplo 500 ml/minuto.
- Basándose en las mediciones de flujo cero y de flujo diferencial anteriores puede realizarse cualquier ajuste necesario en los cálculos de caudal realizados con los valores entregados por la célula 510 de medición, de modo que se eviten futuros errores de cálculo sistemáticos.
- 15 La expresión "comprende/que comprende" cuando se usa en esta memoria descriptiva se considera que especifica la presencia de características, elementos, etapas o componentes mencionados. Sin embargo, la expresión no excluye la presencia o adición de una o más características, elementos, etapas o componentes adicionales o grupos de los mismos.
- 20 La invención no está limitada a las realizaciones descritas en las figuras, sino que puede variarse libremente dentro del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Sensor de flujo para medir una componente de caudal (Q) de un fluido, que contiene elementos cargados eléctricamente, a lo largo de una dirección seleccionada, que comprende:
- una sección (100) de conducto para transportar el fluido;
- 5 medios (110, 111) de magnetización controlables primero y segundo dispuestos uno sustancialmente opuesto al otro en la sección (100) de conducto, estando los medios (110, 111) de magnetización primero y segundo orientados de manera que un eje magnético entre los mismos es sustancialmente perpendicular a la dirección de flujo seleccionada del fluido en la sección (100) de conducto;
- 10 un controlador de imán (115) adaptado para controlar la polaridad de un campo magnético (B) entre los medios (110,111) de magnetización primero y segundo;
- una disposición de sensor eléctrico que incluye electrodos (120, 121) de sensor primero y segundo que están dispuestos en la sección (100) de conducto para mojarse por el fluido que fluye en la misma, estando los electrodos de sensor (120, 121) primero y segundo separados uno de otro a lo largo de una línea que es sustancialmente perpendicular tanto a la dirección de flujo seleccionada como al eje magnético; y
- 15 un sensor (125) de tensión adaptado para registrar una tensión (U) entre el primer electrodo (120) de sensor y el segundo electrodo (121) de sensor,
- caracterizado porque** el sensor de flujo comprende al menos un circuito (300) de suministro de corriente continua adaptado para alimentar una respectiva corriente de control ( $I_{ctrl-0}$ ;  $I_{ctrl-1}$ ) a cada uno de los electrodos (120, 121) de sensor primero y segundo en la disposición de sensor eléctrico, teniendo cada una de las corrientes de control ( $I_{ctrl-0}$ ;  $I_{ctrl-1}$ ) un signo y magnitud tal que un nivel de tensión de corriente continua en los electrodos (120, 121) de sensor primero y segundo con respecto a un potencial de referencia se controla hacia una tensión predeterminada ( $CC_{set}$ ).
2. Sensor de flujo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada uno del al menos un circuito (300) de suministro de corriente continua comprende:
- 25 una unidad (320) de filtrado paso bajo diferencial adaptada para generar una señal de diferencia filtrada paso bajo ( $\Delta U_{LF}$ ) que representa una varianza entre la tensión predeterminada ( $CC_{set}$ ) y la tensión registrada (U);
- una unidad (330) de integrador adaptada para recibir la señal de diferencia filtrada paso bajo ( $\Delta U_{LF}$ ) y, en respuesta a la misma, producir una señal de ajuste ( $CC_{adj}$ ); y
- un generador (340) de corriente controlable adaptado para producir la corriente de control ( $I_{ctrl-0}$ ) en respuesta a la señal de ajuste ( $CC_{adj}$ ).
- 30 3. Sensor de flujo según la reivindicación 2, **caracterizado porque** cada uno del al menos un circuito (300) de suministro de corriente continua comprende una unidad (310) de almacenamiento intermedio adaptada para recibir una señal de tensión primaria (U) desde la disposición de sensor eléctrico y, en respuesta a la misma, generar una señal de tensión almacenada de manera intermedia (U') que refleja la tensión en el primer electrodo (120) de sensor y el segundo electrodo (121) de sensor, en el que una entrada de la unidad (310) de almacenamiento intermedio para recibir la señal de tensión primaria tiene una impedancia relativamente alta.
- 35 4. Sensor de flujo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la sección (100) de conducto comprende al menos un electrodo (130; 131) de referencia además de los electrodos (120, 121) de sensor primero y segundo, estando el al menos un electrodo (130; 131) de referencia adaptado para producir un potencial de referencia para registrar la tensión (U).
- 40 5. Sensor de flujo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el fluido contiene glucosa.
6. Sensor de flujo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una superficie de contacto con el fluido de al menos uno de los electrodos (120, 121) de sensor primero y segundo contiene platino.
- 45 7. Sensor de flujo según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la superficie de contacto con el fluido de al menos uno de los electrodos (120, 121) de sensor primero y segundo está recubierta al menos parcialmente con negro de platino.
8. Unidad (500) de medición de ultrafiltración para regular al menos un flujo de diálisis (Q', Q''), **caracterizada porque** comprende al menos un sensor (100a, 100b) de flujo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 50 9. Unidad (500) de medición de ultrafiltración según la reivindicación 8, **caracterizada porque** comprende una célula (510) de medición, en la que los sensores (100a, 100b) de flujo primero y segundo están dispuestos con sus sec-

ciones de conducto paralelas entre sí de manera que un campo magnético común puede magnetizar el fluido que fluye tanto en el primer sensor (100a) de flujo como en el segundo sensor (100b) de flujo.

10. Método para medir una componente de caudal (Q) de un fluido, que contiene elementos cargados eléctricamente, a lo largo de una dirección seleccionada, que implica:
- 5 magnetizar el fluido por medio de un campo magnético (B) con una polaridad periódicamente alternante que tiene un eje magnético que está orientado sustancialmente en perpendicular a la dirección de flujo seleccionada; y
- registrar una tensión (U) a través del fluido que fluye a lo largo de una línea que es sustancialmente perpendicular tanto a la dirección de flujo seleccionada como al eje magnético, **caracterizado por**:
- 10 alimentar al menos una corriente de control ( $I_{ctrl-0}$ ;  $I_{ctrl-1}$ ) a una disposición de sensor eléctrico para registrar la tensión (U), teniendo la al menos una corriente de control ( $I_{ctrl-0}$ ;  $I_{ctrl-1}$ ) un signo y magnitud tal que un nivel de tensión de corriente continua en la disposición de sensor eléctrico se controla hacia una tensión predeterminada ( $CC_{set}$ ) con respecto a un potencial de referencia.
11. Método según la reivindicación 10, **caracterizado por** las etapas de:
- comparar la tensión registrada (U) con la tensión predeterminada ( $CC_{set}$ ) para producir una varianza entre las mismas;
- 15 extraer una componente de tensión de corriente continua diferencial ( $\Delta U_{LF}$ ) a partir de la varianza;
- producir una corriente de control ( $I_{ctrl-0}$ ;  $I_{ctrl-1}$ ) en respuesta a la componente de tensión de corriente continua diferencial ( $\Delta U_{LF}$ ); y
- alimentar la corriente de control ( $I_{ctrl-0}$ ;  $I_{ctrl-1}$ ) a la disposición de sensor eléctrico.
12. Método según la reivindicación 11, **caracterizado porque** la producción de la corriente de control ( $I_{ctrl-0}$ ;  $I_{ctrl-1}$ ) implica:
- 20 recibir una señal de ajuste ( $CC_{adj}$ ) que refleja la componente de tensión de corriente continua diferencial ( $\Delta U_{LF}$ ) de la varianza; y
- generar la corriente de control ( $I_{ctrl-0}$ ;  $I_{ctrl-1}$ ) basándose en la señal de ajuste ( $CC_{adj}$ ).
13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** el campo magnético (B) tiene una frecuencia base diferente de un múltiplo de una frecuencia de red de suministro de electricidad normalizada.
- 25 14. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** el fluido contiene glucosa.

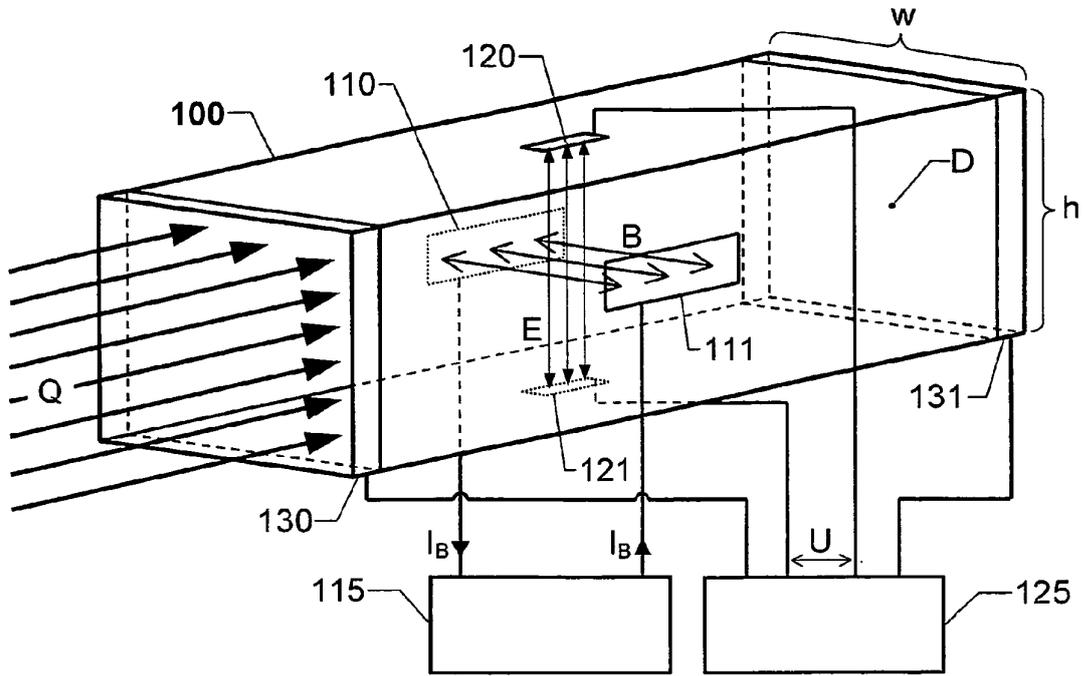


Fig. 1

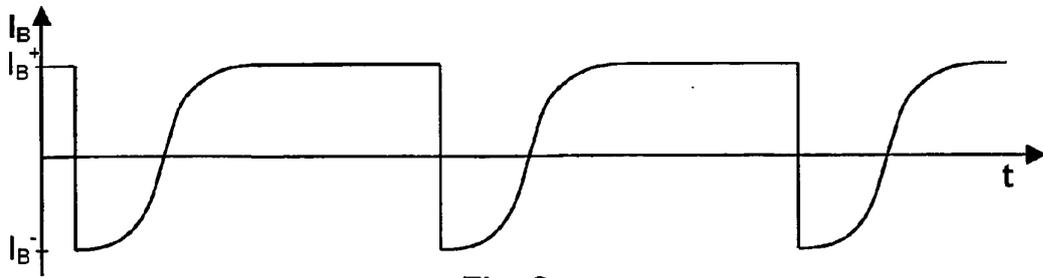


Fig. 2a

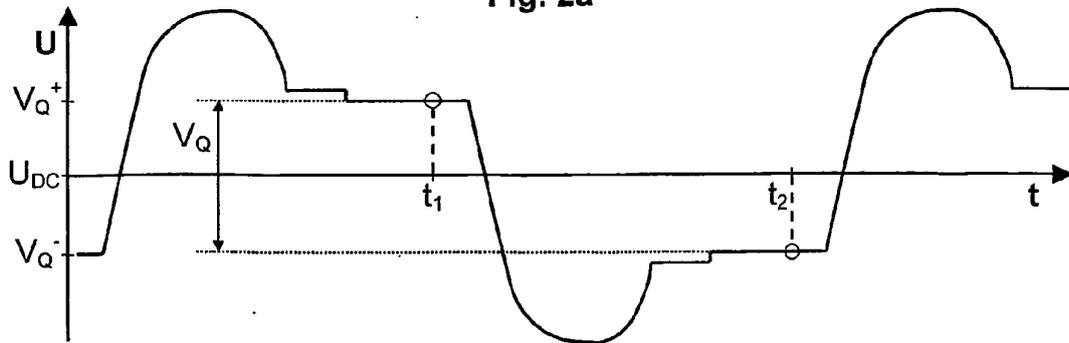
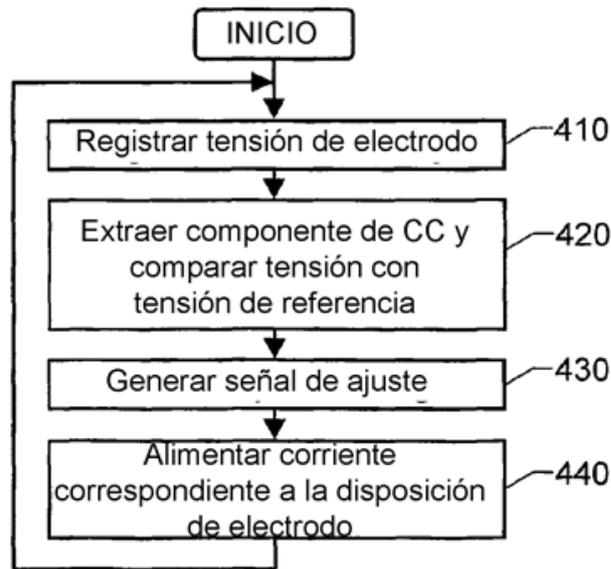
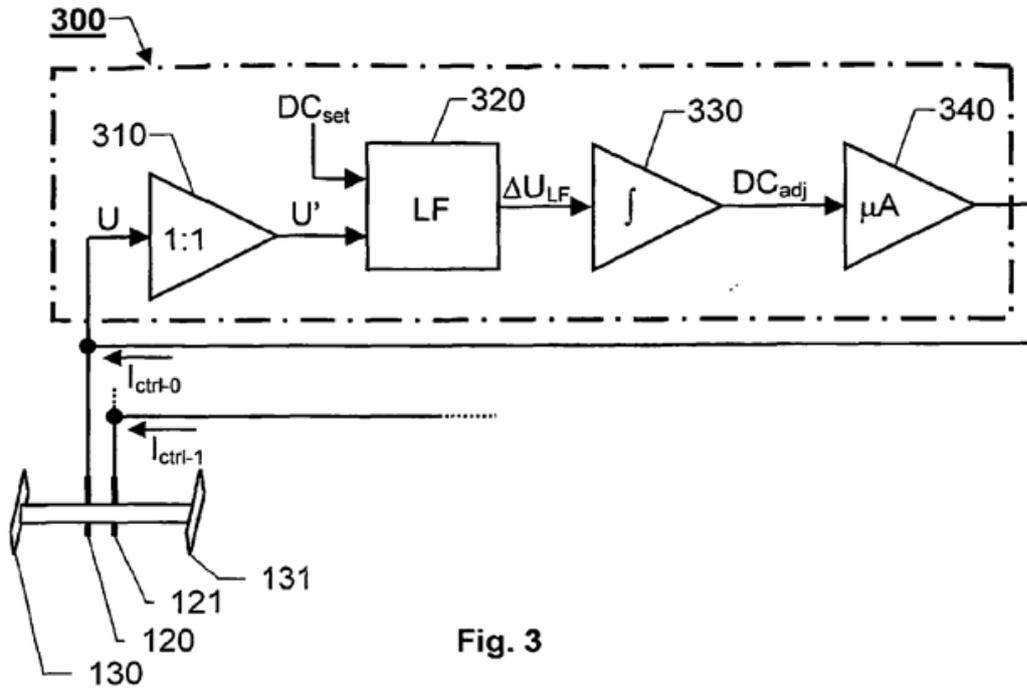


Fig. 2b



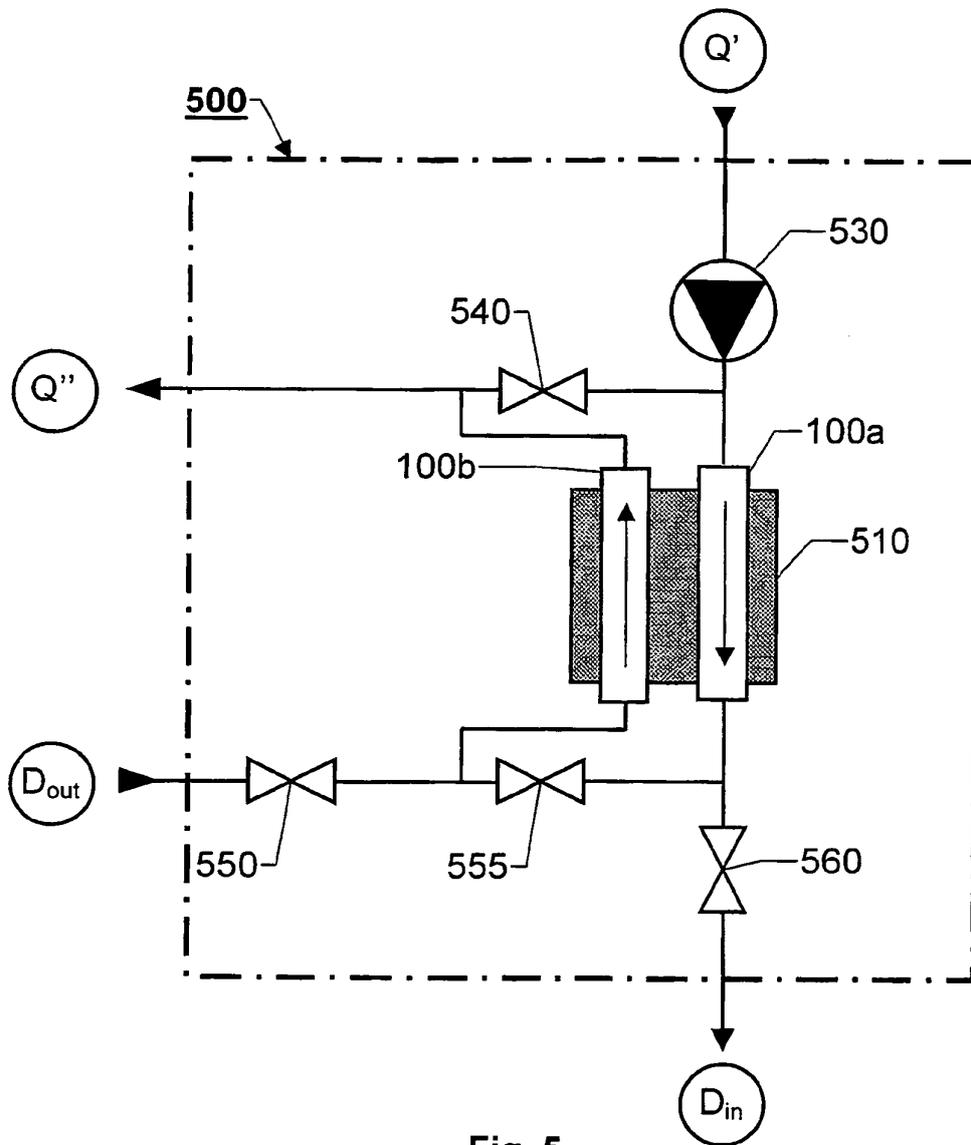


Fig. 5