



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 293 143**

51 Int. Cl.:

B01D 61/06 (2006.01)

B01D 61/10 (2006.01)

F15B 3/00 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04023544 .2**

86 Fecha de presentación : **02.10.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1547670**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.06.2005**

54 Título: **Sistema cambiador de presión.**

30 Prioridad: **17.12.2003 DE 103 59 332**
17.06.2004 DE 10 2004 029 231

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2008

73 Titular/es: **KSB Aktiengesellschaft**
Johann-Klein-Strasse 9
67227 Frankenthal, DE

72 Inventor/es: **Brückmann, Fred;**
Bruhns, Uwe;
Knöbl, Wiltrud y
Kochanowski, Wolfgang

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema cambiador de presión.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la regulación de un sistema cambiador de presión y a un sistema cambiador de presión que comprende como mínimo dos cámaras tubulares, como mínimo una dispositivo o dispositivo de conmutación con dispositivo de accionamiento para la acción alternada en las cámaras tubulares con un fluido de alta presión, de manera que se prevén medios para garantizar una velocidad de desplazamiento variable y/o discontinua de un órgano de conmutación accionado del dispositivo de conmutación.

10 El documento USA 5.306.428 muestra en una instalación de osmosis inversa un sistema cambiador de presión con cuya ayuda tiene lugar la recuperación de energía en el fluido, que muestra una elevada presión residual, que sale del módulo de osmosis inversa, cuyo fluido se conoce como salmuera ("brine"). El sistema de cambiador de presión muestra un dispositivo de conmutación con un órgano de conmutación rotativo mediante el cual tiene lugar el control de las cámaras tubulares que se deben llenar o vaciar. El órgano de conmutación rotativo presenta una abertura de derivación para que durante un proceso de conmutación, el cambiador de presión posibilite una reducción de presión controlada entre las cámaras tubulares a llenar y a vaciar. No obstante, esto determina pérdidas adicionales, por lo que el coeficiente de rendimiento de una instalación de osmosis inversa de este tipo se reduce.

20 Por el documento US 5.797.429 se conoce otro tipo de dispositivos de conmutación en cambiadores de presión. Además, en el cuerpo del dispositivo está dispuesto un órgano de conmutación que está constituido mediante pistones de control desplazables linealmente para permitir la conmutación radial con respecto al pistón de control de trayectorias de corriente. Esta solución persigue mejorar el estado de la técnica anterior en el que la conmutación de los procesos de llenado y de vaciado de las cámaras tubulares tenía lugar de manera complicada mediante múltiples accesorios.

30 El documento GB 2.204.664 muestra, de acuerdo con un principio contrario, una dispositivo de conmutación en forma de válvula con pistón deslizante análoga a una válvula hidráulica. Un elemento de cierre en forma de pistón presenta varios orificios pasantes en disposición diagonal o presenta rebajes axiales dispuestos en la periferia externa. Para un desplazamiento de conmutación de una trayectoria de flujo, el elemento de cierre es desplazado entre dos posiciones extremas de forma axial. Mediante el proceso de desplazamiento axial se efectúa la conmutación de las trayectorias de corrientes de fluido. El elemento de cierre no realiza ningún movimiento de rotación.

35 En el documento FR 2.568.321 se describe un sistema cambiador de presión en el que múltiples accesorios controlan el desplazamiento de conmutación entre dos cámaras tubulares. En cada extremo de una cámara tubular queda dispuesto un detector de posición para la evaluación de la disposición de los límites de fase o del cuerpo separador.

40 El documento JP 2003-144856 da a conocer otro principio de instalación de osmosis inversa con un sistema de pistón hidráulico para conseguir la necesaria energía de presión. Además los pistones cambiadores de presión son desplazados de manera forzada por bielas o empujadores de pistón, de manera que cilindros hidráulicos conmutables accionan las bielas de pistón. El sistema de pistón hidráulico sustituye las bombas giratorias necesarias en los otros sistemas de osmosis inversa para la generación de la presión.

45 En el estado de la técnica anteriormente conocido, las acciones de presión alternativas y los golpes de presión resultantes de ello condicionan elevadas exigencias a los materiales de todas las piezas. Esto influye en la vida útil de los accesorios o dispositivos, de las cámaras tubulares o de cualquier accesorio de conmutación individual de manera desfavorable, y requiere el consiguiente dimensionado intensivo de materiales. Además se producen durante los desplazamientos de conmutación importantes y molestos ruidos con las consecuencias desfavorables consiguientes. Un nivel de ruido de este tipo requiere medidas de amortiguación de ruidos complejas y otras medidas de protección.

50 La presente invención se plantea el objetivo en sistemas cambiadores de presión que presentan como mínimo dos cámaras tubulares y una dispositivo de conmutación accionada, que están dotadas con un órgano de conmutación dotado de accionamiento rotativo o lineal, el desarrollar una solución que presenta seguridad funcional a largo plazo y que es susceptible a resistir elevadas cargas.

55 La solución a este problema prevé que inmediatamente antes del cierre de una cámara tubular, la velocidad de desplazamiento del órgano de conmutación se reduzca con respecto a la velocidad de desplazamiento normal.

60 Esta solución tiene la ventaja de conseguir una reducción importante de las cargas por presión de todas las piezas constructivas por las masas en circulación de las corrientes de fluido que deben ser frenadas. Las columnas de líquido que circulan por las piezas constructivas, cuyas direcciones de corriente deben ser controladas de forma alternativa a efectos de garantizar el cambio de presión dentro de las cámaras tubulares, generan en todas las piezas constructivas importantes esfuerzos por los impulsos. Éstas se producen por las masas que deben ser frenadas de modo correspondiente y por su velocidad. Por el desarrollo variable y/o discontinuo del movimiento del órgano de conmutación accionado en el cierre de trayectorias de corriente previamente abiertas, tiene lugar un frenado de la velocidad de una corriente (...) que circula en una cámara tubular, de manera que se reduce su impulso.

Las construcciones previstas posibilitan que en el bloqueo o cierre de una cámara tubular llena, el órgano de conmutación dotado de accionamiento presenta una velocidad de desplazamiento reducida. La velocidad de desplazamiento es en este caso el recorrido del órgano de conmutación a lo largo del tiempo. La reducción de la velocidad de desplazamiento del órgano de conmutación dotado de accionamiento tiene lugar de manera directa antes de una acción de cierre o de un bloqueo de una cámara tubular. Con estas medidas técnicas se consigue el movimiento controlado de las corrientes másicas circulantes, de manera que se pueden evitar esencialmente los golpes de presión habituales hasta el momento, conocidos también como golpe de ariete en el cierre o bloqueo de una cámara tubular llena. Mediante este tipo nuevo de control variable y/o discontinuo del órgano de conmutación dotado de accionamiento, la carga de presión del sistema en conjunto se reduce sustancialmente puesto que desaparecen los golpes de presión en base a corrientes másicas frenadas bruscamente.

Según otras disposiciones estructurales, se reduce en un periodo de tiempo que varía entre algunos milisegundos hasta algunos segundos, la velocidad de desplazamiento del órgano de conmutación de manera que este tiempo depende de las dimensiones constructivas del cambiador de presión y de la masa del líquido que circula por el mismo. La reducción tiene lugar dentro de un tiempo de ajuste que se preverá como tiempo total según un periodo de tiempo para la variación de la situación de un dispositivo de conmutación completamente abierta hasta una posición completamente cerrada. Esto posibilita la autorización de velocidades de corriente esencialmente más elevadas dentro del cambiador de presión. Esta medida técnica es completamente contraria a los procesos previstos hasta el momento, según los cuales tenía lugar una reducción continua de las velocidades de corriente para evitar averías en las piezas por el efecto de golpe de ariete.

Otras disposiciones estructurales prevén que después de un bloqueo de una cámara tubular de baja presión en un punto de paro, la velocidad de desplazamiento del órgano de conmutación se reducirá a 0 durante un tiempo comprendido entre unos milisegundos hasta algunos segundos. Entre las corrientes másicas que se encuentran de manera alternante en las cámaras tubulares con alta y baja presión se constituye una zona de transición en la que se produce la mezcla de las corrientes en desplazamiento alternado. Esta zona de transición puede ser constituida en cada una de las cámaras tubulares, así mismo mediante un cuerpo separador de tipo conocido a base de un material, de manera que este cuerpo separador posibilita una separación real entre los fluidos a intercambiar.

En el funcionamiento de un cambiador de presión, se presentan en una instalación circunstancias funcionales en base a las cuales tiene lugar el desplazamiento de las zonas de transición/cuerpos separadores en las cámaras tubulares y en relación entre si. Para evitar que una zona de transición o un cuerpo separador dentro de una cámara tubular adopte una disposición errónea, es necesaria la llamada sincronización de dichas zonas de transición/cuerpos separadores. Para la sincronización tiene lugar en una de las cámaras tubulares una situación de paro mientras que en otra cámara tubular, por ejemplo, en un sistema de dos cámaras tubulares, existe todavía velocidad de desplazamiento.

Con esta solución, tiene lugar de manera sencilla la sincronización de las velocidades de las corrientes másicas que se desplazan en las cámaras tubulares así como la asociación de las zonas de transición o de los cuerpos separadores de forma relativa entre si. Para los casos en los que dentro de las cámaras tubulares las zonas de transición están constituidas por cuerpos separadores de un material entre los flujos con diferentes niveles de presión, se conseguirá su sincronización dentro de las cámaras tubulares.

Después de la permanencia del órgano de conmutación dotado de accionamiento en el punto de paro, tiene lugar su aceleración a la velocidad de desplazamiento normal. Para ello se utiliza un elemento de accionamiento habitual, por ejemplo, un motor modificable en cuanto al régimen de giro y/o en el desplazamiento de la carrera.

Además, otras estructuras funcionales están destinadas a que el motor de accionamiento del órgano de conmutación presente regímenes de giro y/o desplazamientos de carrera variables. Para ello, el desarrollo de desplazamiento del órgano de conmutación es controlado de manera simple y adecuado a la correspondiente situación del sistema cambiador de presión. Para ello, el motor de impulsión está constituido en forma de un pseudomotor eléctrico, hidráulico o hidroneumático. Además, el motor de accionamiento puede estar conectado con un dispositivo de regulación que actúa sobre la velocidad y/o dinámica.

Según otras estructuras funcionales, se han dispuesto en las cámaras tubulares varios sensores para la evaluación de la posición y desplazamiento del cuerpo separador, y están conectados a una unidad de control y regulación. Y en un sistema de tuberías conectado al cambiador de presión, una bomba amplificadora compensa la caída de presión, y en una conducción de la bomba amplificadora y en una conducción de salida del dispositivo de compensación, están dispuestos dispositivos o accesorios regulables. Así mismo, la bomba amplificadora y/o el dispositivo de conmutación están conectados con un dispositivo de accionamiento regulable. En este caso, los sensores, los accesorios regulables y los dispositivos de accionamiento regulables están conectados a una unidad de control y regulación. La unidad de control y regulación controla mediante señales de los sensores el desarrollo del movimiento de las corrientes de fluido en las cámaras tubulares y/o del cuerpo separador y modifica en caso de desviaciones de desarrollos predeterminados mediante el envío de señales de ajuste a los accesorios regulables y/o dispositivo de accionamiento regulable, su función y el desarrollo en el cambiador de presión. De esta manera, la unidad de control y regulación, controla y regula la sincronización del cambiador de presión. Con el término sincronización se comprenderá en esta descripción, la regulación posterior de la velocidad del fluido en una cámara tubular cuando ha tenido lugar en la otra cámara tubular una variación de la velocidad. Los desarrollos de los desplazamientos dentro del cambiador de presión son optimizados mediante procesos de conmutación sin golpes de presión.

ES 2 293 143 T3

Preferentemente, una fuente de alta presión está dispuesta posteriormente con respecto al dispositivo de conmutación dotada de accionamiento. Esto puede estar constituido, por ejemplo, por la salida de un módulo de osmosis inversa del cual sale la salmuera con una elevada presión residual y cuya energía de presión será recuperada mediante el sistema cambiador de presión.

De acuerdo con otras estructuras funcionales, el dispositivo de conmutación estará provisto con uno o varios órganos conmutadores rotativos dotados de accionamiento, con uno o varios órganos de conmutación lineales, reversibles, dotados de funcionamiento, o bien, el órgano de conmutación lleva a cabo un movimiento combinado de giro y desplazamiento de carrera lineal.

En los dibujos se han mostrado ejemplos de la realización de la invención y éstos se describirán a continuación de manera más detallada en las figuras:

la figura 1 muestra un diagrama y,

la figura 2 muestra un esquema de conexiones para una instalación.

El desarrollo del movimiento variable y/o discontinuo de un órgano de conmutación dotado de dispositivo de accionamiento se ha mostrado en el dibujo con ayuda de dos diagramas dispuestos uno debajo del otro. En los diagramas se ha representado en abscisas el tiempo (t). El desarrollo del movimiento es independiente del tipo de órgano de conmutación, que puede llevar a cabo movimientos de giro y/o movimientos lineales.

Los desarrollos de las curvas dispuestos sobre el eje de los tiempos, se refieren a un ciclo de llenado de una cámara tubular con fluido. En este gráfico, el punto (x) sobre el eje de tiempos (t) muestra el punto inicial de un proceso de llenado de una cámara tubular, mientras que el punto (y) representa el tiempo final de un proceso de llenado.

En el diagrama inferior se ha mostrado en ordenadas la sección transversal de flujo (A_{DF}). Corresponde a la superficie que durante un proceso de conmutación que tiene lugar entre las cámaras tubulares en el dispositivo de conmutación, está abierta por acción del órgano de conmutación y que será nuevamente cerrada. Durante un periodo de tiempo x-y discurre un ciclo de un proceso de llenado de una cámara tubular, que no se ha representado. Desde el inicio del movimiento de abertura en el momento de tiempo (x) hasta el punto de tiempo posterior (x_1), se abre la sección transversal de flujo (A_{DF}) de manera completa dentro de un dispositivo de conmutación. Con dependencia del volumen a llenar de una cámara tubular, la sección transversal de flujo (A_{DF}) permanece completamente abierta hasta el momento de tiempo (y_1).

En sistemas cambiadores de presión, según el estado de la técnica, empieza ya en el punto de tiempo (y) el proceso de cierre de una cámara tubular mediante un órgano de conmutación de un dispositivo de conmutación. A lo largo de la línea de trazos (1) que se ha mostrado, transcurre un proceso de cierre que se inicia de manera anticipada en (y_1), continua temporalmente y termina en (y), en el dispositivo de conmutación. La sección transversal (A_{DF}) del dispositivo de conmutación está cerrada a lo largo de la línea de trazos (1) en el periodo de tiempo y_1 -y. El inicio anticipado en el punto de tiempo (y_1) es necesario para reducir la carga de la instalación por los esfuerzos de impulso de las columnas de líquido que entran en la cámara tubular. A pesar de un inicio anticipado de este modo del movimiento de cierre, se produce en el punto de tiempo (y) notables impulsos perjudiciales de presión que actúan entre otros efectos, en las cargas sonoras que son conocidas y muy duraderas.

De acuerdo con la invención, empieza un proceso de cierre variable y/o discontinuo en una cámara tubular, esencialmente más tarde, en el punto de tiempo (y_2). El proceso de cierre tiene lugar a lo largo de la línea de trazos (2) y constituye un proceso de movimiento controlado, discontinuo y/o variable en el tiempo que de manera correspondiente termina en el punto de tiempo (y). En un proceso de cierre según la invención, tiene lugar al contrario que en el estado de la técnica, un movimiento de cierre del órgano de conmutación más rápido y más corto en el tiempo, el inicio de una reducción de hasta el 100% de sección transversal de flujo abierta al eje, tiene lugar en primer lugar en un punto de tiempo esencialmente posterior (y_2) y la reducción de la sección transversal está esencialmente excluida hasta el punto de tiempo (y_4). En el periodo de tiempo siguiente y_4 -y, tiene lugar un movimiento de cierre lento de la sección transversal restante, que en este caso es reducida (A_{DF4}). El cierre lento de la sección transversal de flujo reducida (A_{DF4}) del dispositivo de conmutación a un valor nulo, reduce de manera fiable el nivel de ruido y la generación de golpes de presión.

Por este retraso temporal, poco antes del final de un movimiento de cierre, el impulso de las masas en circulación se eliminan sin problemas en la sección transversal de flujo que se encuentra en cierre (A_{DF4}) y el proceso de cierre termina casi sin presión. Como resultado de ello se producen procesos de cierre casi sin ruidos en los procesos de conmutación dentro de un dispositivo de conmutación y con este sistema de cambiador de presión. Como ventaja adicional, se consigue una carga menor en los materiales por la disminución de los impulsos de presión.

El caso ideal corresponde a la línea (3) entre los puntos de tiempo (y_3) e (y). En este caso el proceso de cierre tiene lugar en un punto de tiempo todavía más retrasado (y_3) y el 100% de la superficie transversal de paso abierta (A_{DF}) es cerrada en un tiempo muy reducido hasta el punto de tiempo (y_4) hasta la sección transversal de flujo (A_{DF}). Posteriormente, en el periodo de tiempo (y_4) y los esfuerzos por impulsos todavía existentes en el proceso de cierre más largo o más lento son eliminados en la sección transversal de flujo más reducida (A_{DF4}). Este caso ideal teórico

no es alcanzable en una regulación por la capacidad de soporte de masas de las piezas constructivas y los tiempos muertos. Con un dispositivo de accionamiento correspondiente, es posible aproximarse en gran medida al caso ideal de la curva test en la zona crítica entre (y_3) e (y_4). Un dispositivo de accionamiento que cumple con el caso ideal, debería desfasarse en un tiempo corto el órgano de conmutación a situación de reposo casi en la posición de cierre.

Sin embargo, la capacidad de soporte de masas de los tipos constructivos conocidos del dispositivo de accionamiento condicionan dichas aceleraciones.

Una utilización correspondiente del motor de accionamiento, cuya elección depende de las masas a desplazar o a frenar, posibilita los periodos de desplazamiento deseados, controlados en el tiempo, del órgano de conmutación dentro del dispositivo de conmutación. Ello puede quedar constituido tanto por un pseudomotor controlable de manera continua como también por un dispositivo de accionamiento de una a varias etapas con diferentes ciclos de velocidad.

Con ayuda de un dispositivo de regulación adicional, que no se ha mostrado, subsiste la posibilidad de desplazar la forma de los distintos puntos de tiempo y_2 -y sobre el eje de tiempos horizontal. En el diagrama se ha simbolizado mediante la doble flecha horizontal en la línea de tiempos (y_2) e (y_4). Con ayuda de sensores simples, por ejemplo, sensores sonoros, puede tener lugar en caso de que se presenten situaciones no permisibles de ruidos, generadas por cambios en las instalaciones o de condiciones de trabajo de piezas constructivas, una regulación simple del sistema cambiador de presión mediante el desplazamiento del punto de tiempo (y_x). De esta manera se garantiza que el punto geométrico en el que la sección transversal de flujo (A_{DF}) del dispositivo de conmutación está bien cerrado coincide con el punto de tiempo (y). De esta manera se pueden compensar las tolerancias constructivas de manera simple por técnicas de regulación.

En el diagrama superior del dibujo se ha mostrado en ordenadas la velocidad del fluido (V_{Fluido}) en el eje de tiempos (t). Todos los puntos de tiempo (x - y) dispuestos en el eje superior de tiempos (t) corresponden a los puntos de tiempo correspondientes del diagrama inferior. Del diagrama superior se puede apreciar el rápido aumento de velocidad en el llenado de una cámara tubular con fluido desde el inicio de la apertura en el punto de tiempo (x) del dispositivo de conmutación con intermedio del órgano de conmutación. En el punto de tiempo (x_1), la velocidad del fluido (V_{Fluido}) ha alcanzado casi su valor máximo y posteriormente permanece sensiblemente en igual nivel.

En los cambiadores de presión, de acuerdo con el estado de la técnica, se llevará a cabo de forma análoga a la curva de trazos (1) el movimiento de cierre del órgano de conmutación para que en el punto de tiempo (y_1) se bloquee durante el periodo de tiempo más importante (y_1 - y) y en el punto de tiempo (y) una cámara tubular de forma completa. Un proceso de cierre que discurre de esta forma constante, de acuerdo con la curva (1) que muestra la reducción de velocidad de fluido (V_{Fluido}) dentro de una cámara tubular, hasta que ésta está completamente cerrada por el órgano de conmutación, se ha mostrado en este diagrama como una función matemática conocida en si misma.

De acuerdo con la invención, en base al proceso de cierre que discurre de forma variable y/o discontinua, la realización del movimiento de cierre del órgano de conmutación tiene lugar en un punto de tiempo más retardado (y_2). Transcurre de forma controlada a lo largo de la curva (2) que se ha mostrado en trazos en el periodo de tiempo más corto (y_2 - y) y termina en el punto de tiempo (y). En el diagrama superior se puede reconocer claramente que antes del punto final (y) de la curva (2) en el eje de tiempos (t) la reducción de velocidad del fluido tiene lugar en un periodo de tiempo más importante, por lo que se reduce esencialmente la carga por impulsos en el conjunto del sistema.

El caso ideal que a causa de las tolerancias constructivas es solamente alcanzable de forma limitada, muestra la línea (1) trazada en este esquema como línea recta. La reducción de la velocidad de fluido (V_{Fluido}) tiene lugar de manera continua desde el punto de tiempo (y_3) en el periodo de tiempo más corto Δt entre los puntos de tiempo (y_3 , y) en base al movimiento de cierre variable y/o discontinuo del órgano de conmutación de un dispositivo de conmutación. La situación ideal teórica se alcanza cuando se cumple:

$$dv_{Fluido}/dt = \text{const.} \quad (1)$$

A causa de las habituales tolerancias constructivas en una instalación de cambiador de presión esta situación ideal solamente se alcanza en raros casos.

De modo general, la carga por impulsos de un sistema cambiador de presión se mejora esencialmente con el desplazamiento de cierre discontinuo del órgano de conmutación y se limita fuertemente la carga sonora resultante de ello. Además, se consiguen velocidades de flujo más elevadas en las cámaras tubulares y, por lo tanto, se mejora de manera sustancial la economía de un sistema cambiador de presión de este tipo.

Las columnas de líquido que se desplazan de manera alternativa en las cámaras tubulares presentan, en base a sus velocidades de desplazamiento, una energía de impulso que corresponde a la magnitud de desplazamiento de un cuerpo, lo que se calculará de acuerdo con la fórmula

$$I = m * V_{Fluido}^2 \quad (2)$$

ES 2 293 143 T3

En el cierre de una cámara tubular se frenará por lo tanto la columna de fluido que circula en su desplazamiento, por lo que se obtendrá una variación del impulso de la siguiente forma

$$\Delta I = I \quad (3)$$

Dado que la variación de impulso ΔI cumple la condición

$$\Delta I = F * \Delta t \quad (4)$$

se tiene para la igualación de las fórmulas (1) y (3)

$$F * \Delta t = m * V_{\text{Fluido}}^2 \quad (5)$$

Puesto que la carga de presión del sistema cambiador de presión es proporcional a la fuerza F , con la acción de frenado el impulso de la columna de líquido en movimiento actuará sobre el sistema cambiador de presión, puesto que

$$p = F / A \quad (6)$$

disminuirá de forma simple la carga de presión por el aumento de Δt . Por el desarrollo del movimiento variable y/o discontinuo del dispositivo de conmutación en el bloqueo de rutas de corriente previamente abiertas se produce, por lo tanto, una carga por impulso esencialmente reducida para el sistema en su conjunto. De acuerdo con la invención se ha reconocido que solamente en la última parte del desplazamiento global del órgano de conmutación dotado de accionamiento una reducción de la velocidad de desplazamiento (w) reduce de igual manera la carga de presión del sistema cambiador de presión. Esto tiene la esencial ventaja de una entrada de flujo más simple. Mediante pequeñas variaciones temporales del transcurso del movimiento en un proceso de cierre se actúa de manera más que proporcional en los esfuerzos por impulsos, con lo que en conjunto se pueden conseguir en los sistemas cambiadores de presión cantidades de paso más elevadas y mayores velocidades de flujo para dimensiones constructivas simultáneamente reducidas.

La figura 2 muestra como ejemplo un esquema de conexiones de un sistema de conductos de una instalación de osmosis inversa, en la que una bomba de alta presión (1) facilita un fluido a tratar, habitualmente agua en forma de agua de mar, de lago, agua salobre o de desagües hacia uno o varios módulos de osmosis inversa (2). A causa de la elevada presión osmótica dentro de dicho módulo (2), se produce en las membranas dispuestas en el mismo un efecto de separación. Por detrás de las membranas discurre un fluido limpio, el llamado permeado, que con una reducida presión será reunido y alimentado a otra utilización posterior.

Después del proceso de separación discurre desde los módulos de osmosis inversa (2) un fluido que se encuentra antes de las membranas, la llamada salmuera, la cual presenta una densidad de concentración más elevada de sustancias de desperdicio o sustancias contaminantes, habitualmente sales, y se enviará a la fuente de origen inicial. Para utilizar el elevado contenido energético en forma de energía de presión, la salmuera será guiada con intermedio de un dispositivo cambiador de presión (7) para la recuperación de energía en un cambiador de presión, que en este caso se ha mostrado en forma de un cambiador de presión de dos cámaras. En estas cámaras tubulares (3.1, 3.2) se han dispuesto cuerpos separadores desplazables por acción de la presión (4.1, 4.2) que realizan la separación entre cada uno de los dos recintos diferentes en los que actúa la presión de una cámara tubular y los fluidos. Se conocen también instalaciones con cámaras tubulares sin cuerpo separador. No obstante, ello puede dar lugar a mezclas no deseadas entre los diferentes líquidos cuando el sistema de desequilibrado de los tiempos de control no son los que corresponden.

La elevada presión de la salmuera que sale de uno o varios módulos de ósmosis inversa (2) empuja en un cuerpo separador (4.1) que se encuentra en la primera cámara tubular (3.1), que en la figura 2 es la cámara superior, hacia el lado alejado del dispositivo conmutador (7). De esta manera se transferirá la elevada presión a un fluido que se encuentra a la izquierda del cuerpo separador (4.1) en la cámara tubular (3.1) o en lado del pistón que se encuentra alejado del dispositivo de conmutación (7). La elevada presión será transferida a un fluido a una presión más baja, llamado también fluido de acumulación o de alimentación. Este fluido de acumulación retirado mediante la conducción (8) puede ser alimentado en múltiples formas distintas, no estando limitado a la forma de realización que se ha mostrado.

Este fluido actúa a continuación con elevada presión en la cara izquierda de la cámara tubular superior (3.1) del cambiador de presión y circula a través de los dispositivos antirretorno (5) de una bomba amplificadora (6) que está dispuesta dentro del sistema de conducciones. Los dispositivos antirretorno (5) impiden el retroceso de la corriente del fluido que ahora tiene mayor energía hacia el conducto (8). La bomba amplificadora (6) compensa solamente las pequeñas caídas de presión que se generan en el proceso osmótico de los módulos de osmosis inversa (2). A causa de la recuperación de energía con intermedio del cambiador de presión, la bomba amplificadora (6) genera solamente la diferencia de presión correspondiente que se ha perdido dentro de los módulos de ósmosis inversa (2). La bomba de alta presión (1) es por lo tanto esencialmente más pequeña y por lo tanto tiene un menor coste que en una instalación sin recuperación de energía.

El fluido a tratar, llamado también fluido de alimentación o de acumulación, sale de la bomba de alta presión (1) por la conducción (8). Se han mostrado dos derivaciones (9.1, 9.2) con dispositivos antirretorno (5) que proceden del conducto (8) mediante las cuales se alimenta una corriente parcial del fluido o del fluido de acumulación de las cámaras tubulares (3.1, 3.2) del cambiador de presión. Para la función de la instalación no es indispensable este tipo de alimentación. Se pueden utilizar otros tipos de alimentación de fluido al cambiador de presión y a la bomba de alta presión (1). Solamente es relevante que exista una presión previa en las conducciones (9.1) y (9.2) que conducen a las cámaras tubulares (3.1, 3.2), la cual debe ser suficiente para activar un fluido a través de la válvula antirretroceso (5) y un cuerpo separador (4.1) o (4.2) desde el extremo de la cámara tubular en el lado de la válvula antirretroceso (5) hacia el otro extremo de cámara tubular en el lado del dispositivo de conmutación (7).

Cuando el cuerpo separado (4.1) alcanza dentro de la primera cámara tubular (3.1) su extremo de la izquierda en la cámara tubular que se observa en el lado de los dispositivos antirretroceso (5), entonces se conmuta el dispositivo de conmutación (7), por lo que se realiza una unión de la primera cámara tubular (3.1) con una zona con una presión más baja. La presión previa de un fluido de almacenamiento en desplazamiento que sale de la alimentación (9.1) es suficiente para impulsar el cuerpo separador (4.1) con fluido fresco y la salmuera que ahora se encuentra sin presión dentro de la cámara tubular (3.1) hacia la derecha hacia el dispositivo de conmutación (7) y hacia afuera de la cámara tubular superior (3.1). La salida de la salmuera tiene lugar con intermedio del dispositivo de conmutación (7) y una conducción (10) conectada al mismo. Durante el proceso de salida de la salmuera de la primera cámara tubular (3.1), la segunda cámara tubular inferior (3.2) recibirá la acción de la alta presión de la salmuera con intermedio del dispositivo de conmutación (7), de forma simultánea.

El proceso de salida de la salmuera sin presión se ha mostrado en la figura 2 en la segunda cámara tubular (3.2). Mediante conmutaciones cíclicas correspondientes del dispositivo de conmutación (7) tiene lugar una acción de presión alternada en ambas cámaras tubulares (3.1, 3.2) y por lo tanto una efectiva recuperación de la energía.

En el proceso de conmutación de un cambiador de presión se generan impulsos de presión que ponen en peligro las membranas de dentro del módulo (2) de ósmosis inversa. De acuerdo con la invención tiene lugar una regulación de la instalación, de manera que en la conducción (10) que conduce en salida la salmuera del dispositivo de conmutación (7) está dispuesto un elemento de regulación (11). Además, en la zona de la bomba amplificadora (6) está dispuesto otro dispositivo regulable (12) o bien la bomba amplificadora (6) está dotada de manera alternativa con un dispositivo de accionamiento regulable (13).

Las cámaras tubulares (3.1, 3.2) están dotadas de varios sensores (14) y (15), de manera que los sensores (14) actúan, por una parte, determinando la disposición de los cuerpos separadores (4.1, 4.2) y, por otra, determinando la velocidad correspondiente de los mismos. Los sensores (15) efectúan la evaluación de posiciones finales posibles de los cuerpos separadores. Todas las señales de los sensores serán recogidas en una unidad de control y regulación (16) que facilita señales de ajuste al motor ajustable (17) del dispositivo de conmutación (7), a los dispositivos regulables (11, 12) o bien al dispositivo regulable (11) y el dispositivo de accionamiento regulable (13) de la bomba amplificadora de presión (6). Los dispositivos regulables (11, 12) pueden estar contruidos en forma de dispositivo con un accionamiento ajustable o en forma de un dispositivo con un regulador ajustable. Existen tipos con cuya ayuda es posible el desarrollo preciso de conmutaciones para la totalidad de la instalación con intermedio de una unidad de control y regulación (16).

Para garantizar un funcionamiento sin problemas de estas membranas de ósmosis inversa tiene lugar de manera continua una corriente de alimentación a las membranas. Esto queda asegurado mediante una velocidad de desplazamiento distinta de los cuerpos separadores de las cámaras tubulares. Las flechas del dibujo muestran la dirección de movimiento de los cuerpos separadores. En el ejemplo de realización de la figura 2, la cámara (3.1) está llena de un fluido a elevada presión, mientras que la cámara tubular inferior (3.2) recibe la acción de fluido de alimentación fresco y la salmuera sin presión sale directamente por la conducción (10). En este caso el cuerpo separador (4.2) de la cámara tubular inferior (3.2), que recibe la acción de la baja presión, se desplaza con una velocidad más elevada que el cuerpo separador (3.1) de la cámara de alta presión (3.1) que recibe la acción de la alta presión. Por esta causa el cuerpo separador (3.2) alcanza en primer lugar el punto de inversión en el extremo de la cámara tubular. La llegada al punto de inversión será transmitido desde el sensor (14) a la unidad de control y regulación (16), después de lo cual se enviará por esta última una señal de ajuste al motor de accionamiento (17) del dispositivo de conmutación (7). El dispositivo de conmutación (7) efectúa la conmutación y las presiones de las cámaras (3.1, 3.2) son intercambiadas. En este momento el cuerpo separador (4.2) que se encuentra en la posición final cambia su dirección de desplazamiento y acelera en la dirección contraria hacia los dispositivos antirretroceso (5), de manera que en este momento ambos cuerpos separadores (4.1, 4.2) suministran un fluido a alta presión en la dirección de la bomba amplificadora de presión (6). El periodo de tiempo durante el cual ambas cámaras (3.1, 3.2) y sus cuerpos separadores facilitan un fluido a alta presión en la dirección de la bomba amplificadora de presión (6) es del orden de segundos, antes de que el cuerpo separador (4.1) de la cámara tubular (3.1) alcance su punto de inversión.

Otros detectores (15) están dispuestos en los extremos de cada una de las cámaras tubulares y garantizan la transmisión de una señal a la unidad de control y regulación (16) en caso de que en base al cambio de características funcionales de un cuerpo separador se deba alcanzar esta disposición final o de punto muerto. En este caso, los detectores (15) facilitan una señal de alarma con ayuda de la cual la unidad de control y regulación (16) inicia con intermedio de señales de ajuste a los dispositivos regulables o bien al dispositivo de accionamiento de la bomba amplificadora de la presión y/o el dispositivo de accionamiento del dispositivo de conmutación (7), una nueva sincronización del desarrollo del movimiento de los cuerpos separadores. A este respecto se designará como sincronización la regulación

ES 2 293 143 T3

posterior de la velocidad del fluido de una cámara tubular cuando en la otra cámara tubular se ha producido una variación de la velocidad. Este efecto de sincronización se produce cuando solamente se regula el cambiador de presión. En este caso la bomba amplificadora de la presión sigue su curva de estrangulación.

Con ayuda de los sensores (14), se miden tanto los puntos de inversión correspondientes como también las velocidades de los cuerpos separadores (4.1, 4.2) para cada uno de los ciclos de cambio de presión de un cambiador de presión, de manera que se comunicarán todas las condiciones de trabajo por la variación de la velocidad del pistón. Esto es válido tanto para el inicio del funcionamiento como también para el final del funcionamiento de una instalación dotada de un cambiador de presión de este tipo.

Con ayuda del motor de accionamiento (17) en el dispositivo de conmutación (7) se consigue la esencial ventaja de que la unidad de control y regulación (16) podrá reaccionar de manera inmediata de un ciclo de conmutación a otro ciclo de conmutación e incluso durante un ciclo de conmutación de manera inmediata. Además se consigue la ventaja de que la unidad de control y regulación (16) puede regular de manera fiable el funcionamiento y la sincronización de varios cambiadores de presión con una conmutación en paralelo o en serie. La medición continua de la velocidad del flujo pasante en las cámaras tubulares (3.1, 3.2) del cambiador de presión facilita la ventaja adicional de que estos datos son enviados con ayuda de un interfaz directamente a la bomba amplificadora de presión de la instalación, cuando ésta posee un dispositivo de accionamiento (13) con regulación del régimen tejido. En caso de que la bomba amplificadora de la presión esté dotada solamente de un dispositivo de accionamiento con régimen de giro fijo, entonces puede tener lugar detrás de la bomba amplificadora de presión (6) una actuación sobre la potencia mediante un dispositivo regulable que actúa como dispositivo de estrangulación.

Términos utilizados en las fórmulas:

A = Superficie en m^2

A_{DF} = Superficie de paso del flujo en m^2

f = Fuerza en N

p = Presión en bar

i = Impulso en Kgm/s

ΔI = Variación del impulso en kgm/s

m = Masa en Kg

w = Velocidad de desplazamiento del órgano de conmutación en $^\circ/s$ ó m/s

Δt = Variación del tiempo en s

V_{Fluido} = Velocidad del flujo de una cámara tubular en m/s.

REIVINDICACIONES

1. Método para la regulación de un sistema cambiador de presión que consiste como mínimo en dos cámaras tubulares (3.1, 3.2) y como mínimo un dispositivo de conmutación dotado de accionamiento (7) para la actuación alternativa sobre las cámaras tubulares con un fluido a alta presión, disponiéndose medios para asegurar la velocidad variable o discontinua de movimiento de un elemento conmutador dotado de impulsión en el dispositivo conmutador (7), **caracterizado** porque inmediatamente antes de que tenga lugar el cierre de una de las cámaras tubulares (3.1, 3.2) la velocidad del movimiento del elemento de conmutación se reduce con respecto a la velocidad normal de movimiento.
2. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la velocidad de movimiento (w) del elemento conmutador es reducida durante un periodo de tiempo (y_4 , y) comprendido entre algunos milisegundos y algunos segundos.
3. Método, según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque después de un cierre de una cámara tubular de baja presión en un punto de paro la velocidad de movimiento (w) del elemento de conmutación se reduce a 0 durante un periodo de reposo comprendido entre algunos milisegundos y algunos segundos.
4. Método, según la reivindicación 1, 2 ó 3, **caracterizado** porque después del periodo de reposo en el punto de paro el dispositivo conmutador es acelerado a la velocidad normal de movimiento (w).
5. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque un motor de impulsión (17) del elemento conmutador está diseñado como servomotor de tipo eléctrico, hidráulico o hidroneumático que varía la velocidad de movimiento con velocidades de rotación y/o movimientos de levantamiento variables.
6. Método, según la reivindicación 5, **caracterizado** porque un dispositivo de regulación influye en la velocidad y/o dinámica del motor de impulsión (17).
7. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque la unidad de control de regulación (16), por medio de señales de detectores, controla la secuencia de movimiento de las corrientes de fluido en las cámaras tubulares (3.1, 3.2) y/o los cuerpos separadores (4.1, 4.2) y en el caso de desviaciones con respecto a secuencias predeterminadas, transmite señales de accionamiento a los dispositivos regulables (11, 12) y/o los dispositivos de accionamiento regulables (13, 17), varía su funcionamiento en la secuencia de movimiento en el cambiador de presión.
8. Sistema cambiador de presión que tiene como mínimo dos cámaras tubulares para llevar a cabo el método según una o varias de las reivindicaciones 1 a 7, que tiene como mínimo un dispositivo conmutador para actuar alternativamente sobre las cámaras tubulares con presión, estando dispuesto un elemento de conmutación impulsado en el dispositivo de conmutación y disponiéndose medios para asegurar una velocidad variable o discontinua del elemento de conmutación, **caracterizado** porque las cámaras tubulares (3.1, 3.2) están dotadas de sensores (14, 15) que detectan la velocidad de posición de cuerpos separadores (4.1, 4.2), porque el dispositivo de conmutación (7) está conectado a un dispositivo de accionamiento regulable (17) y porque los detectores (14, 15) y el dispositivo de accionamiento regulable (17) están conectados a una unidad de control y regulación (16).
9. Sistema cambiador de presión, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque en una conducción conectada al cambiador de presión una bomba amplificadora de presión (6) compensa la caída de presión y porque la bomba amplificadora de presión está dispuesta en una conducción y porque se disponen dispositivos regulables (11, 12) en la conducción de salida (10) del dispositivo conmutador (7).
10. Sistema cambiador de presión, según la reivindicación 9, **caracterizado** porque la bomba amplificadora de presión (6) está conectada a un dispositivo de impulsión regulable (13).
11. Sistema cambiador de presión, según la reivindicación 10, **caracterizado** porque dispositivos regulables (11, 12) y el dispositivo de accionamiento regulable (13) están conectados a la unidad de control y regulación (16).
12. Sistema cambiador de presión, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado** porque la unidad de control y regulación (16) controla y regula la sincronización del cambiador de presión.
13. Sistema cambiador de presión, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado** porque la unidad de control y regulación (16) está conectada a los sensores (14, 15) dispuestos en las cámaras tubulares (3.1, 3.2), al dispositivo de accionamiento regulable (17) del dispositivo conmutador (7), al dispositivo de accionamiento regulable del dispositivo (11) en la conducción de salida del dispositivo conmutador (7) y/o al dispositivo de accionamiento regulable (13) de la bomba amplificadora de presión (6) o al dispositivo de accionamiento regulable (12) del dispositivo regulable de la conducción de salida de la bomba amplificadora de presión (6).
14. Sistema cambiador de presión, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado** porque los cuerpos separadores (4.1, 4.2) están dispuestos en las cámaras tubulares (3.1, 3.2).

ES 2 293 143 T3

15. Sistema cambiador de presión, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, **caracterizado** porque el dispositivo conmutador (7) está dotado de uno o varios dispositivos conmutadores impulsados en rotación.

5 16. Sistema cambiador de presión, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 15, **caracterizado** porque el dispositivo conmutador (7) está dotado de uno o varios dispositivos conmutadores accionados de forma reversible linealmente.

10 17. Sistema cambiador de presión, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 16, **caracterizado** porque el dispositivo conmutador realiza un movimiento combinado que consiste en una rotación y un movimiento de levantamiento.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

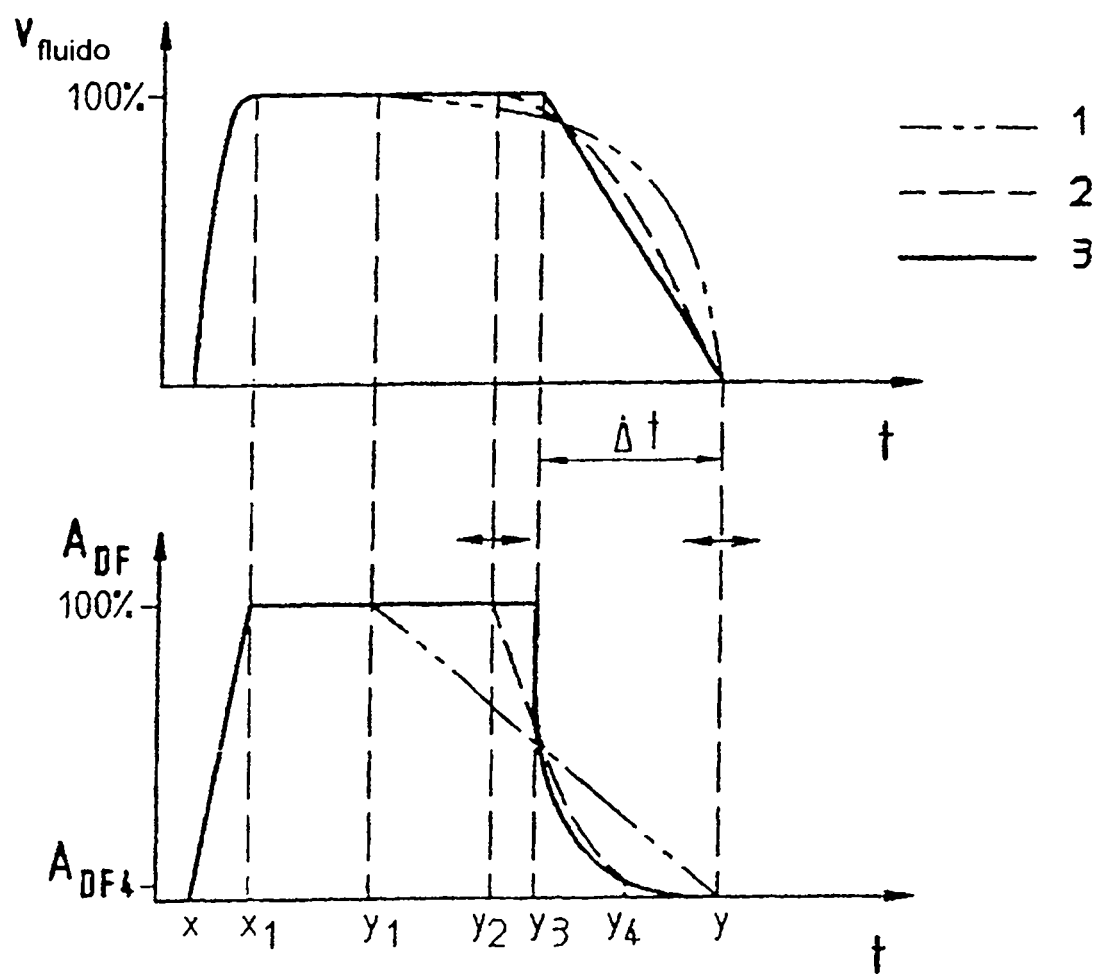


Fig. 2

