

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 493**

51 Int. Cl.:

C02F 1/42 (2006.01)

B01J 49/00 (2006.01)

G05D 21/00 (2006.01)

G01N 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2006 E 06290861 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2015 EP 1726361**

54 Título: **Iniciación de servicio y control de regeneración usando relaciones de impedancia**

30 Prioridad:

26.05.2005 US 138179

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

04.03.2016

73 Titular/es:

**CULLIGAN INTERNATIONAL COMPANY (100.0%)
9399 West Higgins Road, Suite 1100
Rosemont, IL 60018, US**

72 Inventor/es:

**PREMATHILAKE, KUMUDIKA y
VAN NEUWENHIZEN, JOHN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 562 493 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

Iniciación de servicio y control de regeneración usando relaciones de impedancia

Campo de la invención

5 La presente solicitud se refiere a secuencias de control de los productos de acondicionamiento de agua automáticos. Más específicamente, se refiere a un método para la determinación del final de un ciclo de servicio y la duración del ciclo de salmuera/lavado lento durante la regeneración de un acondicionador de agua automático, y un aparato que emplea el método.

Antecedentes

10 Al tiempo que el tratamiento de agua dura, un lecho de resina de intercambio iónico u otro material en un acondicionador de agua elimina los iones de calcio y magnesio del agua, los sustituye por iones de sodio. A medida que el agua dura pasa a través del lecho, intercambia estos iones de agua dura con el sodio en la primera resina blanda que encuentra, creando un frente u onda de actividad de intercambio iónico llamada la zona de reacción. El lecho se vuelve ineficaz para el ablandamiento y debe regenerarse de manera periódica cuando la cantidad de sodio disponible se agota y el material de intercambio iónico está saturado con calcio y magnesio. A continuación, se suspende el tratamiento de agua mientras que se regenera el material de intercambio iónico en un proceso de múltiples etapas para eliminar los iones de calcio y magnesio a partir de la resina y se restaura el nivel de sodio.

20 Se usan una serie de etapas para sustituir los iones de agua dura con iones de sodio, haciendo el material de intercambio iónico activo de nuevo para el acondicionamiento de agua. Normalmente, el lecho se lava primero a contracorriente, invirtiendo el flujo del agua entrante, para eliminar el sedimento y disgregar el lecho. A continuación, el lecho se pone en contacto con una solución de salmuera de flujo descendente, con lo que el material de intercambio iónico toma iones de sodio de la solución de salmuera de alta concentración y desplaza los iones de calcio y los iones de magnesio en la salmuera y elimina los desperdicios. Cuando se ha entregado una cantidad óptima de solución de salmuera, el lavado continúa hasta que prácticamente todos los rastros de la solución de salmuera y los iones de agua dura no deseados en la misma se descargan del lecho. Después de que se lave para eliminar la salmuera residual, el lecho se ha restaurado al estado de sodio, conocido como resina blanda, y a continuación se devuelve al servicio de tratamiento de agua dura.

30 La preparación de la solución de salmuera tiene lugar normalmente en un tanque de salmuera que se mantiene separado del tanque de resina. El tanque de salmuera, que contiene un suministro de sal, se llena con una cantidad medida de agua para formar una solución de sal saturada. El suministro de sal debe reemplazarse periódicamente debido al agotamiento después de las regeneraciones repetidas. Si el nivel de sal es demasiado bajo para realizar una solución de salmuera de una fuerza dada, habrá un nivel de sodio insuficiente para impulsar el intercambio de iones de calcio y magnesio y la resina no tratará de manera eficaz el agua dura cuando se coloca de nuevo en servicio.

35 La mayoría de los acondicionadores de agua modernos tales como los ablandadores de agua y similares usan unos controladores electrónicos para realizar cálculos, detecciones de monitorización, sincronización y control directo de válvulas durante las diferentes etapas de proceso. Algunos, nuevos acondicionadores de agua más sofisticados usan la electrónica para programar el siguiente ciclo de regeneración basándose en una o más entradas. Los datos de entrada incluyen, por ejemplo, información de temporizadores, mediciones de flujo, datos históricos almacenados en el uso del agua y similares. Se han ideado muchas secuencias de control para determinar la secuencia y la duración de las diversas etapas necesarias durante la regeneración de un acondicionador de agua. En una secuencia de regeneración simple, cada etapa es una longitud fija de tiempo, independientemente del grado de saturación de calcio y magnesio de la resina. Para asegurarse de que el lecho está completamente regenerado, la duración de cada etapa tendría que ser al menos el tiempo necesario para esa etapa de proceso, suponiendo que la resina se satura completamente con iones de agua dura en el inicio de la regeneración. Usando esta técnica, la misma cantidad de tiempo y salmuera se usan independientemente de si la resina está un 10 % saturada, un 40 % saturada o un 90 % saturada, dando como resultado un desperdicio de tiempo y sal cuando la resina está menos saturada que con iones de agua dura.

50 En el diseño de una secuencia de control de regeneración, es preferible minimizar la duración del proceso de regeneración por un número de razones. Mientras que se está regenerando la unidad, está fuera de servicio para ablandar el agua. La mayoría de los consumidores quieren que su acondicionador de agua proporcione agua blanda a demanda, aunque sea muy tarde en la noche o muy temprano en la mañana. Reducir la cantidad de tiempo que la unidad está fuera de servicio disminuye la probabilidad de que el agua blanda no esté disponible cuando se necesite. Usar menos sal y agua para la regeneración reduce el coste de funcionamiento. También hay una necesidad de minimizar la cantidad de salmuera descargada desde el acondicionador de agua al medio ambiente. La reducción de la duración del ciclo de salmuera ayuda a minimizar el uso de salmuera, reduciendo de este modo el impacto sobre el medio ambiente.

55 En la patente de Estados Unidos n.º 5.699.272, la duración de un ciclo de lavado se determina usando la diferencia de tensión entre una sonda de sensor y una sonda de referencia buscando tres estados distintos. El primer estado

se produce cuando el lecho está totalmente rodeado por iones de sodio al comienzo del ciclo de salmuera/lavado lento, lo que indica que la salmuera ha llenado el lecho. Cuando la entrega de la salmuera se detiene y el agua de lavado lava el sodio aparte, un frente se mueve a través del lecho con una alta concentración de sodio por delante del mismo y una baja concentración de sodio detrás del mismo. La segunda fase se produce cuando el frente está
 5 entre la sonda de sensor y la sonda de referencia, lo que indica que la solución de salmuera se está lavando en el lecho. La tercera fase se produce cuando el frente ha pasado la sonda de referencia, ambos sensores estarán en la baja solución de sodio, lo que indica que el lavado puede interrumpirse.

Ninguno de los esquemas de regeneración de la técnica anterior conocidos considera los efectos de las variaciones en la fabricación o el ensuciamiento de las sondas o de los sensores a través del tiempo. Cuando se usan las
 10 diferencias entre dos sondas o entre una sonda y un valor de referencia para determinar el final del ciclo, los cambios pueden producir la misma diferencia en los valores como el paso de un frente. Además, los sensores pueden llegar a cubrirse con sedimentos, costra, depósitos de óxido o ensuciarse de otra manera, haciendo el sensor menos sensible a lo largo del tiempo a los cambios que le rodean. Cuando la sensibilidad del sensor cae, las diferencias en las lecturas se vuelven menos distintas y afectan a la capacidad de detectar de manera correcta el principio o el final de una etapa de proceso. Como resultado, la unidad puede dejar de reconocer la necesidad de
 15 regenerar o regenerar con más frecuencia de lo necesario.

Además, el chapado de los sensores hace que el comparador indique una regeneración prematura porque la impedancia aumenta de manera constante. Como resultado, se aumentan las capacidades de reserva y se disminuye la eficiencia ablandadora, conduciendo a un desperdicio de agua y sal.

Además, la técnica anterior usa un sensor que lee en comparaciones fijas o las compara con los valores predeterminados. Es difícil compensar un sensor de reemplazo que proporcione lecturas de impedancia ligeramente diferentes debido a las diferencias de fabricación. El software disponible no puede tener en cuenta a los sensores que se han convertido en chapados por años de exposición a los minerales en un medio ambiente de agua que fluye. Los valores fijos o predeterminados pueden tener en cuenta los estados iniciales de algunas de estas
 20 variables, pero no pueden compensar los cambios a lo largo del tiempo.

Por lo tanto, hay una necesidad de un método para determinar la duración de las etapas en el ciclo de proceso de un acondicionador de agua que mantenga la precisión durante largos períodos de tiempo. El método debería determinar con precisión la terminación de la etapa de servicio o de una etapa de salmuera/lavado lento a pesar del ensuciamiento o la sustitución de una o más de las sondas de sensor.

El documento WO 94 / 07 602 describe un método para controlar la regeneración de un ablandador de agua que incluye la medición de la conductividad de un lecho de resina en dos localizaciones separadas. Se determina una probabilidad de agotamiento, y cuando la probabilidad supera un valor designado, se inicia la regeneración del lecho de resina.

Compendio de la invención

Estos y otros problemas se abordan por el presente método para determinar la duración de al menos una de entre una etapa de servicio y una etapa de salmuera/lavado lento en un ciclo de proceso para un acondicionador de agua que tiene un lecho de un material de intercambio iónico. El método incluye colocar una sonda de sensor y una sonda de referencia en el lecho del material de intercambio iónico desplazadas de manera vertical la una de la otra, con la sonda de sensor aguas arriba de la sonda de referencia. Se monitoriza una tensión de cada una de la sonda de
 35 sensor y la sonda de referencia y se calcula la relación de impedancia de la sonda de sensor con la sonda de referencia sobre una pluralidad de intervalos de tiempo. Durante la etapa de servicio, cuando la diferencia de porcentaje de la relación de impedancia actual con la relación de impedancia mínima supera un primer incremento mínimo, se programa la terminación de la etapa de servicio y se inicia la etapa de salmuera/lavado lento. Durante la etapa de salmuera/lavado lento en el ciclo de regeneración, se monitorizan la tensión de cada una de la sonda de sensor y la sonda de referencia y se calcula una tasa de cambio en la relación de impedancia de la sonda de sensor con la sonda de referencia. El cálculo de una tasa de cambio en la relación de impedancia permite detectar un pico mínimo y máximo durante el ciclo de salmuera/lavado lento. El primer pico en la tasa de cambio de la relación de impedancia se detecta cuando la relación de impedancia es mínima. La monitorización, el cálculo y la detección de las etapas se repiten hasta que se detecta un segundo pico. El segundo pico en la tasa de cambio en la relación de
 40 impedancia se detecta cuando la relación de impedancia es máxima. El ciclo de salmuera/lavado lento se termina después de que se detecten ambos picos seguidos por un tiempo de espera pre-especificado.

Un acondicionador de agua, que tiene un lecho de material de intercambio iónico, incluye una sonda de sensor colocada en el lecho y una sonda de referencia colocada en el lecho aguas abajo de la sonda de sensor. Un circuito está configurado para monitorizar una tensión de cada una de la sonda de sensor y la sonda de referencia a lo largo de una pluralidad de intervalos de tiempo. El aparato incluye también un controlador configurado para monitorizar las tensiones de la sonda de sensor y la sonda de referencia y calcular la relación de impedancia de la sonda de sensor con la sonda de referencia. Se usa una relación de impedancia calculada para determinar la duración de al menos una de entre la etapa de servicio y la etapa de salmuera/lavado lento. Si en la etapa de servicio, el controlador calcula también la diferencia de porcentaje en la relación de impedancia actual con la relación de impedancia
 55

mínima del ciclo, y programa la regeneración si la diferencia de porcentaje supera un primer valor predeterminado. Si el ciclo de proceso está en la etapa de salmuera/lavado lento, el controlador detecta un pico en la tasa de cambio de las relaciones de impedancia, repite las etapas de monitorización y de cálculo hasta que se detecta un segundo pico, y termina la etapa de salmuera/lavado lento cuando se detectan los dos picos.

- 5 El aparato acondicionador de agua y el procedimiento para hacerlo funcionar no tienen muchas de las desventajas de la técnica anterior. Una característica importante del sistema y método de ablandamiento de agua presente es que la detección de los eventos de proceso se basa en una relación de impedancia relativa, en oposición a una relación de impedancia absoluta. El uso de relaciones de impedancia relativas elimina el efecto de los factores que cambian las lecturas de sensor por un múltiplo de la lectura verdadera. Por otra parte, los inventores también han
10 medido el grado de cambio en la relación de impedancia relativa en comparación con una relación de impedancia predeterminada absoluta. Esto ayuda a compensar los problemas que plantean las diversas diferencias de fabricación, las condiciones de campo y el "envejecimiento" inevitable de los sensores colocados en un entorno de agua que fluye durante años.

Descripción detallada de los dibujos

- 15 La figura 1 es una vista en alzado de un sistema de ablandamiento de agua del tipo adecuado para su uso con la presente invención, con partes que se muestran cortadas para mayor claridad;
- La figura 2 es un diagrama de circuito para un circuito de puente Wheatstone;
- La figura 3 es un diagrama de flujo de un proceso para determinar el final de la etapa de servicio;
- La figura 4 es un diagrama de flujo de un proceso para determinar el primer pico en la etapa de regeneración; y
20 La figura 5 es un diagrama de flujo de un proceso para determinar el segundo pico y el final de la etapa de regeneración.

Descripción detallada de la invención

- Los acondicionadores de agua que utilizan sensores en un lecho de un material de intercambio iónico para indicar la regeneración se conocen bien, tales como en las patentes de Estados Unidos números 4.257.887; 4.299.698;
25 5.699.272 y 5.751.598 de Culligan International Co.

- Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de acondicionamiento de agua o acondicionador, designado en general como 10, tiene un lecho 14 de un material de intercambio iónico 16 capaz de recibir los iones de agua dura desde el agua dura durante una etapa de ablandamiento y liberar los iones de agua dura durante una etapa de regeneración. El acondicionador tiene un controlador, designado en general como 20, para controlar las etapas del ciclo de
30 programa que, entre otras cosas, inicia y termina las etapas de regeneración para reponer el contenido de sodio del material de intercambio iónico 16 cuando se agota. Para los fines de esta exposición, el lecho 14 tiene una parte superior 22 que se define como la parte de aguas arriba del lecho o la primera parte del lecho contactada por el agua dura a medida que fluye a través del lecho de intercambio iónico durante la etapa de servicio. El lecho 14 tiene un fondo 24 que se define como la parte de aguas abajo del lecho o la última parte del lecho contactada por el agua
35 ablandada antes de salir del lecho de intercambio iónico durante la etapa de servicio. Cualquier otra referencia direccional debe interpretarse como si el sistema de acondicionamiento de agua 10 está orientado como se muestra en la figura 1.

- El acondicionador 10 incluye un alojamiento o tanque 26 que contiene una cantidad de un material de intercambio iónico 16. El lecho de intercambio iónico 14 incluye un lecho de cualquier material 16 que elimine los iones de agua dura como se conoce por los expertos en la técnica. Las resinas de intercambio iónico son un material de intercambio iónico preferido 16. En general, la resina de intercambio iónico 16 es una perla polimérica con grupos
40 funcionales unidos al polímero para proporcionar la función de intercambio iónico. El intercambio iónico tiene lugar en o el catión o en el anión en función de los grupos funcionales unidos al polímero. Las zeolitas son también conocidas como materiales de intercambio iónico 16. Cuando el agua cruda rica en iones de agua dura, tales como calcio y magnesio, pasa a través del lecho 14, los iones de agua dura se intercambian por iones de agua blanda, tal como el sodio. En la realización preferida descrita a continuación, el material de intercambio iónico 16 se trata en términos de la resina de intercambio de iones, sin embargo, el uso de otros materiales de intercambio iónico también se contempla para su uso en todas las realizaciones.

- Cuando el acondicionador 10 está diseñado para un uso doméstico, el alojamiento 26 es, en general, una sola
50 unidad, sin embargo, otros acondicionadores adecuados 10 tienen, opcionalmente, dos o más partes que constituyen el alojamiento. En la realización preferida, el tanque de resina 26 está rodeado por un tanque de salmuera o una cámara sal 32. Se conocen otros acondicionadores 10 que tienen los tanques de resina 30 y los tanques de salmuera 32 separados (figura 1). Donde es necesario tener un suministro de agua blanda ininterrumpido, pueden usarse múltiples tanques de resina 30 de manera que una unidad está ablandando mientras
55 que una u otras más se están regenerando. Para los fines de esta invención, el alojamiento 26 encierra todas esas unidades individuales.

El acondicionador de agua 10 tiene también una sal de ablandamiento 34 en la cámara de sal 32. Las sales de sodio, tales como el cloruro de sodio en gránulos, en un bloque sólido o en una forma granular, son las sales de ablandamiento más comunes 34, pero cualquier sal sólida capaz de intercambiar los iones de agua dura, tales como una sal de potasio, se contempla para su uso con esta invención. Se recomiendan las sales de alta pureza para alargar el tiempo entre las adiciones de sal y para reducir la cantidad de impurezas que se acumulan en la parte inferior del acondicionador de agua 10, pero la pureza de la sal no afecta directamente al funcionamiento del controlador 20 o del acondicionador 10 descrito en el presente documento. Se añade agua a la cámara de sal 32 de manera que la sal de ablandamiento 34 se disuelve, fabricando la salmuera saturada (no mostrada) a usarse durante la regeneración posterior. La salmuera se mantiene separada de un suministro de agua dura 36 y del material de intercambio iónico 16 al tiempo que el ablandamiento está teniendo lugar de manera que la salmuera no contamina el agua ablandada, y debido a que el intercambio de iones entre la resina 16 y el agua dura no se produciría de manera eficiente en presencia de la salmuera. La salmuera solo se pone en contacto con la resina de intercambio iónico 16 durante la etapa de regeneración por medio de una línea 37 a través de una válvula de control 38 y una entrada 40.

Todavía haciendo referencia a la figura 1, durante el ablandamiento, el controlador 20 hace funcionar la válvula 38 para permitir que el agua dura fluya desde el suministro de agua dura 36 hacia el tanque de resina 26 a través de la entrada 40, y el agua blanda sale a través de una tubería 42 a una salida 44 que suministra agua blanda a un sistema de agua (no mostrado). Entre la entrada 40 y la salida 44, el agua dura entra en contacto con la resina de intercambio de iones rica en sodio 16, en la que los iones de agua dura, que incluye iones de calcio y magnesio, se reciben por la resina, y los iones de sodio se liberan en el agua blanda. El agua ablandada se descarga del acondicionador 10 a través de la salida 44. Cuando el agua dura entra en el lecho de resina 14 una interfaz distinta emerge entre el agua dura y la resina agotada 16 aguas arriba del lecho y el agua blanda y la resina de estado de sodio aguas abajo del lecho. Esta interfaz permite que el controlador 20 mida y detecte un aumento de relación de impedancia relativa. Cuando la resina 16 se satura con iones de agua dura y los iones de sodio o potasio se agotan, la resina se regenera como se ha descrito anteriormente. La salmuera gastada se elimina a través de un tubo de drenaje 46.

El controlador 20 inicia y controla las etapas del ciclo de proceso. Para los fines de esta invención, el controlador 20 incluye al menos un microprocesador o unidad de control de micro-ordenador 50 y una interfaz de usuario 52. Algunas responsabilidades del controlador de unidad 20 incluyen la sincronización de las etapas de ablandamiento y regeneración, y la apertura y el cierre de las válvulas 38, según corresponda. El controlador 20 puede realizar también otras tareas. La mayoría de los sistemas de ablandamiento de agua modernos incluyen un microprocesador 50 en el controlador 20. Debería apreciarse que el microprocesador 50 puede tener funciones no descritas específicamente en esta solicitud que no son una parte de esta invención, incluso cuando se realiza por el mismo o un equipo similar.

Preferiblemente, las etapas del proceso se dirigen por el controlador 20 mediante el movimiento de las una o más válvulas de control 38. En la realización preferida, las posiciones de la válvula 38 determinan si el agua dura o la salmuera fluye hacia el tanque de resina 26. Cualquier válvula accionada de manera electrónica 38 es adecuada para la válvula, incluyendo las válvulas de solenoide, o las válvulas controladas por una leva giratoria controlada de manera electrónica.

Hay un número de etapas en el ciclo de proceso. Durante la etapa de ablandamiento o de servicio, el agua dura fluye desde el suministro 36 hacia el tanque de resina 26, a continuación a la tubería 42 para suministrar agua blanda al suministro de agua 44. Al término de la etapa de ablandamiento, hay una etapa de lavado a contracorriente con lo que el agua dura entra en la parte inferior de la tubería 42 y fluye hacia arriba a través del lecho 14, saliendo por la entrada 40 y yendo al drenaje 46. Esta etapa disgrega las partículas en el lecho 14 que han llegado a compactarse debido a la gravedad y al flujo descendente del agua que se ablanda, y también elimina las impurezas sólidas que puedan haberse presentado en el lecho.

A la conclusión de la etapa de lavado a contracorriente, la salmuera se introduce en el lecho 14 desde el tanque de salmuera 32. La cantidad de sal 34 a usarse en la fabricación de la salmuera se introduce en el controlador 20 con una interfaz de usuario 52, tal como un teclado o pantalla táctil. Se añade a la sal 34 una cantidad adecuada de agua como se determina por el controlador 20. Cuando se regenera la resina 16, la válvula de control 38 se recoloca para drenar la salmuera del tanque de salmuera 32 y enviarla al tanque de resina 30.

A medida que la salmuera se bombea en el lecho de resina 14, esta rodea de manera efectiva la resina 16 con iones de sodio. Debido a la alta concentración de sodio, el equilibrio favorece la sustitución de los iones de agua dura con los iones de sodio en la resina 16, y permite que los iones de agua dura salgan con la salmuera. Un primer frente emerge entre la salmuera aguas arriba y el agua dura aguas abajo. Después de ponerse en contacto con la resina 16, la salmuera gastada se descarga al drenaje 46 y comienza un lavado lento.

Cuando se gasta la salmuera, comienza el lavado lento, dirigiendo el agua dura para que entre en la parte superior del tanque de resina 30 para eliminar la salmuera restante en el lecho 14 y empezar el ablandamiento. Un segundo frente o interfaz marca el agua ablandada aguas arriba y la salmuera gastada aguas abajo. Cuando toda la salmuera se ha vaciado del tanque de resina 26, la unidad se devuelve al servicio generando agua ablandada. Un tercer frente

se crea cuando la resina 16 en el lecho 14 cede de manera progresiva los iones de sodio y los intercambia con iones de agua dura. Este tercer frente se caracteriza por el agua dura aguas arriba y por el agua blanda aguas abajo del frente.

- 5 El controlador 20 se acciona mediante un conjunto de instrucciones, preferiblemente en la forma de un programa de software. Preferiblemente, el software está precargado en la memoria del microprocesador 50 en el punto de fabricación. Como alternativa, el conjunto de instrucciones podría cargarse en un firmware, tal como una memoria de solo lectura para su instalación en el microprocesador 50. Cualquier método de almacenar de manera electrónica las instrucciones es adecuado, siempre y cuando las instrucciones estén fácilmente disponibles para el controlador 20 mientras está en uso.
- 10 El lecho 14 del acondicionador de agua 10 tiene colocado también dentro del mismo una sonda de referencia 54 y una sonda de sensor 56, desplazadas de manera vertical la una de la otra. Cualquier sonda 54, 56 que sea capaz de indicar un cambio de resistencia en el material de intercambio iónico y el agua circundante es útil. Normalmente, cada una de las sondas 54, 56 tiene al menos un par de electrodos separados, y preferiblemente incluye dos pares de electrodos separados. Una sonda preferida es la AQUASENSOR de Culligan International (Northbrook, IL).
- 15 Un soporte de sensor 58 sostiene las sondas 54, 56 en una posición fija dentro del lecho 14. Entre el tanque de resina 26 y el controlador 20, un conducto 60 lleva las señales eléctricas de las sondas 54, 56 al controlador. No es necesaria una colocación de la sonda de referencia 54 en una posición particular; sin embargo, preferiblemente la sonda se coloca cerca de la parte inferior 24 del lecho 14 para que sea más fácil estimar cuándo un frente de intercambio iónico o interfaz de medios llega a la parte inferior del lecho. La sonda de sensor 56 se coloca más cerca de la parte superior 22 del lecho 14 que la sonda de referencia 54 de manera que la sonda de sensor está aguas arriba de la sonda de referencia. Las sondas 54, 56 también se desplazan opcionalmente de manera horizontal. Una interfaz de medios se produce cuando hay un cambio en el medio líquido que se mueve a través del lecho, tal como la salmuera, el agua dura o el agua blanda.
- 20 Opcionalmente, se usan tres o más sondas 54, 56 en el lecho de resina 14 para determinar con mayor precisión la posición del frente de intercambio iónico o interfaz de medios. Cuando el análisis de circuitos, tratado a continuación, se aplica a las sondas 54, 56 de dos en dos, el progreso del frente de intercambio iónico o interfaz de medios a través del lecho 14 puede monitorizarse de cerca. Cuando se usan más de dos sondas 54, 56 ni el desplazamiento vertical u horizontal entre las mismas necesita ser uniforme.
- 25 Haciendo referencia ahora a la figura 2, se usa preferiblemente un puente de Wheatstone, en general 62, para controlar la tensión de la sonda de sensor 56, V_{sensor} , y de la sonda de referencia 54, $V_{referencia}$, en cada uno de una pluralidad de intervalos de tiempo. El puente tiene dos resistencias fijas, R_1 y R_2 , que tienen unas tensiones V_{R1} y V_{R2} , respectivamente, y unas impedancias Z_{R1} y Z_{R2} , respectivamente. Si la ley de Ohm se aplica a la pata del sensor del puente de Wheatstone 62:

$$V_{sensor} = I \times Z_{sensor} \quad (I)$$

$$V_{R1} = I \times Z_{R1} \quad (II)$$

- 35 en la que I es la corriente a través del circuito. En un circuito, la ecuación para la impedancia viene dada por:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L^2 - X_C^2)} \quad (III)$$

en la que R es la resistencia del circuito, X_L es la reactancia inductiva y X_C es la resistencia capacitiva. Para una resistencia pura, tal como las resistencias de referencia en la placa de circuito, X_L y X_C son ambas iguales a 0, lo que reduce la ecuación III a:

$$40 \quad Z = R \quad (IV)$$

Aplicando la ley de Ohm, la ecuación II puede reescribirse como:

$$V_{R1} = I \times R_1 \quad (V)$$

La corriente a través del circuito puede calcularse como:

$$I = \frac{V_{R1}}{R_1} \quad (VI)$$

- 45 Ya que la sonda de sensor y la resistencia fija R_1 están en serie, la tensión a través de R_1 es igual a la diferencia entre la tensión de alimentación total, $V_{alimentación}$, suministrada al circuito y la tensión a través de la sonda de sensor

56, V_{sensor} . Por lo tanto,

$$V_{R1} = (V_{Alimentación} - V_{sensor}) \quad (VII)$$

Sustituyendo la ecuación VII en la ecuación VI:

$$I = \frac{V_{Alimentación} - V_{sensor}}{R_1} \quad (VIII)$$

5 Sustituyendo la ecuación VIII en la Ley de Ohm da:

$$Z_{sensor} = R_1 \times \left\{ \frac{V_{sensor}}{(V_{Alimentación} - V_{sensor})} \right\} \quad (IX)$$

Aplicando las mismas ecuaciones a la parte de referencia del puente de Wheatstone 62 da:

$$Z_{Referencia} = R_2 \times \left\{ \frac{V_{Referencia}}{(V_{Alimentación} - V_{Referencia})} \right\} \quad (X)$$

10 Usando las ecuaciones IX y X para calcular la relación, y usando la lógica establecida del puente de Wheatstone 62, la relación de impedancia se convierte en:

$$Z_{relación} = \frac{Z_{sensor}}{Z_{referencia}} = \frac{R_1 \times \left\{ \frac{V_{sensor}}{(V_{alimentación} - V_{sensor})} \right\}}{R_2 \times \left\{ \frac{V_{referencia}}{(V_{alimentación} - V_{referencia})} \right\}} \quad (XI)$$

15 En una realización preferida, las resistencias fijas R_1 y R_2 en el puente de Wheatstone 62 son 200 ohmios para R_1 , y, o bien 215 o 226 ohmios para R_2 . Los valores de resistencia pueden adaptarse a la aplicación. Las sondas de sensor 56 y de referencia 54 son resistencias variables. Se suministra una tensión de 2,5 – 5,0 a la circuitería del puente de Wheatstone por el controlador 20. Haciendo referencia a los valores de tensión, V_{sensor} y $V_{referencia}$, y a las dos resistencias fijas R_1 y R_2 en el circuito de puente de Wheatstone 62, puede utilizarse un programa de software por el microprocesador 50 para calcular la relación de impedancia de la sonda de sensor 54 con la sonda de referencia 56.

20 El paso de un frente se detecta comparando la impedancia de la sonda de referencia 54 y la sonda de sensor 56. El término "frente" está destinado a incluir la zona de reacción, así como cualquier interfaz entre el agua dura, el agua blanda y la salmuera. Como el medio ambiente en las proximidades de los cambios de la sonda, las sondas 54, 56 producirán tensiones variables en función de si están rodeados por agua dura, agua blanda o salmuera. Las señales eléctricas variables a partir de las sondas 54, 56 se monitorizan por el controlador 20 y se usan para determinar cuándo o la etapa de servicio o la etapa de salmuera/lavado lento van a terminar. La monitorización se produce sobre una pluralidad de intervalos de tiempo seleccionados de manera que ninguno de los frentes pasa por uno de los sensores 54, 56 sin detectarse. La selección del intervalo de tiempo depende de las tasas de flujo de líquido y la separación vertical de las sondas 54, 56. Preferiblemente, los intervalos de tiempo se separan de manera regular, aunque el microprocesador 50 suspende opcionalmente la monitorización durante los períodos en que no se prevé un frente. El intervalo de tiempo preferido es de 30 segundos.

30 Cuando la etapa de servicio comienza, ambas sondas 54, 56 están en agua blanda y en el material de intercambio iónico blando 16. Cuando comienza el ablandamiento, el agua dura se desplaza a través del lecho de resina 14, intercambiando los iones de agua dura con los iones de sodio asociados con la resina 16. Los iones de agua dura se intercambiarán con los primeros iones de sodio con los que entren en contacto, creando un frente que se mueve a través del lecho 14 en la dirección del flujo de agua. El agua aguas arriba del frente es dura y el agua aguas abajo del frente se ablanda. La relación de impedancia será aproximadamente constante e igual a uno, hasta que el frente de intercambio iónico alcance la sonda de sensor 56. Cuando el frente de intercambio iónico pasa la sonda de sensor 56, el material de intercambio iónico 16 cambia de un estado regenerado a un estado gastado y el agua de alrededor cambia de ablandado a no ablandado. En este punto la sonda de referencia 54 está todavía en el agua blanda y en la resina regenerada. Como resultado, la relación de impedancia aumenta.

40 Cuando se compara con la impedancia mínima del ciclo actual, se detecta un pico cuando existe el primer aumento predeterminado en la relación de impedancia. Los valores del mismo ciclo de proceso se usan para determinar el aumento para minimizar el efecto de las variaciones externas que incluyen un cambio en el suministro de agua

cruda, la sustitución de una sonda y/o el ensuciamiento de las sondas 54, 56 de los ciclos anteriores.

El primer aumento predeterminado en la relación de impedancia es cualquier valor que indica que la diferencia entre la relación de impedancia actual y la relación de impedancia mínima para ese ciclo se aproxima a un máximo. Los valores exactos del primer aumento predeterminado se determinan por las características de las sondas 54, 56, las resistencias fijas en la placa de circuito y la tolerancia para la regeneración prematura. Los aumentos desde aproximadamente un 5 % a aproximadamente un 15 % son especialmente útiles cuando se usa la sonda AQUASENSOR preferida. Más preferiblemente, el primer aumento predeterminado en la relación de impedancia es desde aproximadamente un 7 % a aproximadamente un 8 %.

Si el aumento entre la relación de impedancia mínima y la relación de impedancia actual supera el primer aumento predeterminado durante un primer periodo de tiempo mínimo, entonces la terminación de la etapa de servicio se ejecuta o inmediatamente o según un retardo de tiempo programado. Preferiblemente, la diferencia entre la relación de impedancia mínima y la relación de impedancia actual se mantiene durante al menos 4 minutos, más preferiblemente durante al menos 6 minutos. La duración exacta del pico dependerá de un número de factores del proceso, en particular de las tasas de flujo. Cuando hay una pequeña reserva de resina 16, es decir, la cantidad de resina de intercambio iónico 16 que permanece aguas abajo de la sonda de sensor 56, debido al tamaño del acondicionador 10 o a la colocación de las sondas 54, 56, la etapa de servicio se termina inmediatamente de manera ventajosa. Opcionalmente, la terminación de la etapa de servicio se retrasa según cualquiera de un número de criterios. Cuando actualmente se está usando el agua a la vez que el controlador 20 determina que la etapa de servicio debería terminarse, la regeneración se retrasa de manera opcional al menos hasta que el uso del agua se ha detenido o se minimiza. Si la reserva de resina 16 es lo suficientemente grande, la regeneración puede retrasarse hasta un tiempo predeterminado de días. A medida que el frente de intercambio iónico pasa la sonda de referencia 54, la relación de impedancia disminuye a aproximadamente uno, ya que ambas sondas 54, 56 estarán de nuevo en el mismo estado de agua y resina 16.

En el momento adecuado, el controlador 20 termina la etapa de servicio e inicia la etapa de salmuera/lavado lento de regeneración. Los desequilibrios entre las relaciones de impedancia de las sondas 54, 56 se usan para determinar la duración de la etapa de regeneración de una manera ligeramente diferente a la que se usa en la etapa de servicio. Más específicamente, se determina la relación de impedancia entre las dos sondas 54, 56, y se calcula la tasa de cambio en las relaciones de impedancia a lo largo de un intervalo de tiempo. Cuando se detectan dos picos específicos en la tasa de cambio de las relaciones de impedancia, el controlador 50 termina la etapa de salmuera/lavado lento.

Al comienzo del ciclo de salmuera/lavado lento, ambas sondas la de sensor 56 y la de referencia 54 están en el agua dura y en la resina gastada 16, proporcionando unas relaciones de impedancia que son constantes y aproximadamente las mismas. A medida que la salmuera pasa la sonda de sensor 56, el sensor de referencia 54 se encuentra todavía en el agua dura. En este momento, la sonda de sensor 56 tendrá una resistencia más baja que la sonda de referencia 54 debido a las conductividades relativas de las diferentes soluciones. La relación de impedancia disminuye hasta que la interfaz de salmuera pasa por el sensor de referencia 54 momento en el que las impedancias volverán a ser iguales, proporcionando una relación de impedancia constante. Este rápido cambio en la relación de impedancia mientras que la sonda de sensor 56 está en la salmuera y la sonda de referencia está en el agua dura produce un pronunciado primer pico mínimo cuando la tasa de cambio en la relación de impedancia se rastrea a lo largo del tiempo. Como durante la etapa de servicio, la relación de la impedancia se calcula basándose en las señales de tensión de la sonda de sensor 54 y de la sonda de referencia 56 detectadas por el microprocesador 50. Cuando la diferencia de los picos de impedancia supera un primer cambio de tasa predeterminada durante un tiempo predeterminado (preferiblemente 32 segundos), se ha detectado el primer pico.

Mientras que ambas sondas 54, 56 están en salmuera durante la regeneración, la relación permanecerá aproximadamente constante y la tasa de cambio cercana a cero. Después de que la salmuera se gaste y el agua de lavado se introduzca en el lecho 14, se produce un estado cuando la sonda de sensor 56 está en el agua de lavado y la sonda de referencia 54 están todavía en la salmuera. El agua de lavado es con frecuencia agua dura, sin embargo, el agua blanda de otro tanque de resina se usa de manera opcional. En este momento, la sonda de sensor 56 tiene una resistencia más alta que la sonda de referencia 54, lo que da como resultado unos cambios rápidos en la relación de impedancia. Este rápido cambio en la relación de impedancia produce un segundo pico pronunciado cuando el cambio en la relación de impedancia se rastrea a lo largo del tiempo. Midiendo la tasa de cambio en la relación de impedancia a lo largo del tiempo permite al microprocesador detectar el pico de relación de impedancia máxima cuando la sonda de sensor 56 está en el agua blanda y en la resina regenerada y la sonda de referencia 54 está en la salmuera gastada. Cuando ambas sondas 54, 56 están en el agua blanda y en la resina blanda, la relación vuelve a ser aproximadamente constante.

Los picos en la tasa de cambio en la relación de impedancia al comienzo y al final de la salmuera que pasa a través del lecho 14 pueden reconocerse de manera clara y son útiles en la monitorización de la etapa de salmuera/lavado lento. Cualquiera de los picos se detecta cuando la tasa de cambio en la relación de impedancia supera un cambio de la tasa predeterminada. La tasa predeterminada de cambio es cualquier valor que indica que la diferencia entre la relación de impedancia actual y la relación de impedancia anterior para ese ciclo se aproxima a un máximo. Los valores exactos se determinan por las características de las sondas 54, 56 y la tolerancia de la terminación

prematura de la regeneración. Los aumentos en la tasa de cambio en la relación de impedancia desde aproximadamente un 0,5 % a aproximadamente un 2,5 % son especialmente útiles cuando se usa la sonda AQUASENSOR preferida. Cuando la salmuera se inicia a través del lecho 14, el primer cambio de tasa predeterminada es preferiblemente mayor que un 2 %. Más tarde, cuando la salmuera se usa y el segundo pico
5 procede a través del lecho 14, el segundo cambio de tasa predeterminada es preferiblemente mayor que un 2 %.

Preferiblemente, tanto el segundo tiempo predeterminado como el tercer tiempo predeterminado son al menos 30 segundos. El segundo tiempo predeterminado y el tercer tiempo predeterminado pueden ser iguales o sus valores pueden ser muy diferentes unos de otros. Si se usa el intervalo de tiempo preferido de 30 segundos, la detección del pico está garantizada si tiene una duración mínima que sea al menos tan larga como el intervalo de tiempo. Más
10 preferiblemente, los dos picos primero y segundo se mantienen durante al menos 32 segundos, y más preferiblemente durante un minuto o más.

La duración de cualquiera de estas etapas de proceso depende de un número de factores. El tamaño del acondicionador 10 y la profundidad del lecho de resina 14 determinan la separación vertical máxima entre la sonda de referencia 54 y la sonda de sensor 56. Esta separación y las tasas de flujo de fluido determinarán al menos de
15 manera parcial el tiempo que tarda un frente en moverse la distancia entre los sensores 54, 56. La capacidad de intercambio iónico de la resina 16, al menos en parte, determina cuánta sal 34 se necesita para la regeneración y cuánto tiempo persiste el lavado con salmuera.

Opcionalmente, el microprocesador 50 está configurado para incluir una función de tiempo de espera que termina la etapa de salmuera/lavado lento y desencadena una advertencia de si o el primer pico o el segundo pico no se encuentra dentro de un período de tiempo razonable. El período de tiempo para la advertencia de tiempo de espera debería superar el tiempo previsto para que los picos pasen. Un tiempo preferido es ligeramente más largo que el tiempo previsto total para todo el proceso de regeneración. La advertencia es de manera opcional una alarma sonora o una alarma visual mostrada en una pantalla de 64.
20

En una realización preferida mostrada en las figuras 3-5, el microprocesador 50 en el controlador 20 está programado para realizar una serie determinada de etapas para realizar el proceso preferido. Durante la etapa de servicio mostrada en la figura 3, en 100 el controlador 20 mide la tensión de la sonda de referencia, la sonda de sensor y la línea de suministro en intervalos de treinta segundos. Estas señales de tensión son preferiblemente unas mediciones de señal de tipo analógico. Un convertidor de señal de analógico a digital 102 o un microprocesador 50 con un convertidor analógico a digital incorporado, tal como los fabricados por Hitachi (Tokio, Japón), NEC (Princeton, NJ) y Toshiba (Irvine, CA), se proporcionan preferiblemente en el controlador 20 para convertir en 104 las señales analógicas a señales de tensión digitales.
25
30

Los valores de impedancia para la sonda de referencia 54 y la sonda de sensor 56 se calculan en 106 usando los valores de tensión y los valores conocidos de las resistencias de referencia R_1 , R_2 en el puente de Wheatstone 62 usando las ecuaciones IX y X. La relación de impedancia de los dos sensores 54, 56 se calcula también en 106 usando la ecuación XI. Si este es el primer punto de datos en la etapa de servicio, la relación de impedancia actual se registra en 108 como la relación de impedancia mínima y el controlador espera el tiempo para la siguiente lectura de treinta segundos.
35

Para lecturas posteriores en la etapa de servicio, la relación de impedancia actual se registra en 110, a continuación, se compara en 112 con la relación de impedancia mínima. Si la relación de impedancia actual es menor que la relación de impedancia mínima, se restablece la relación de impedancia mínima en 114 al valor actual. El cambio de porcentaje en la relación de impedancia se calcula en 116 y se compara con el aumento predeterminado y si no supera el 7,5 %, se borra un temporizador de estado 118 en 120 y el controlador 20 de nuevo espera al próximo intervalo de tiempo. Cuando el cambio en la relación de impedancia supera el 7,5 %, se inicia el temporizador de estado 118 en 122. Si el cambio en la relación de impedancia cae por debajo del 7,5 % dentro de los 6 minutos, se considera que el pico es erróneo y no se inicia la regeneración. Los porcentajes y los intervalos de tiempo pueden variar para adaptarse a la aplicación.
40
45

Sin embargo, haciendo referencia a la etapa 124, si el cambio en la relación de impedancia tiene una duración de al menos 6 minutos, entonces el controlador 20 realiza las etapas necesarias para iniciar la regeneración 126 en el momento oportuno. La regeneración puede iniciarse de manera inmediata o puede retrasarse según un criterio apropiado. En este momento, el controlador se detiene en 128 iniciando las lecturas de treinta segundos de la tensión de la sonda de referencia 54, la sonda de sensor 56 y la línea de suministro eléctrico.
50

Una vez que se ha iniciado la regeneración como se muestra en la figura 4, se inicia un programa diferente para determinar la duración de la etapa de salmuera/lavado lento. Después de un minuto en el ciclo de salmuera/lavado lento, el controlador 20 comienza a medir en 130 la tensión de la sonda de referencia 54, la sonda de sensor 56 y la línea de suministro (no mostrado). Las señales analógicas se convierten en 132 en señales digitales que usan el mismo convertidor 102 como se ha tratado en la etapa de servicio anterior. Los cálculos se realizan en 136 para obtener la impedancia de cada sonda y la relación de impedancia. Si este es el primer punto de datos en la etapa de regeneración actual, se asigna un valor para la relación de impedancia actual en 138 con una relación de impedancia antigua, a continuación el controlador 20 espera el siguiente intervalo de treinta segundos para obtener
55

nuevas tensiones.

- 5 Para los puntos de datos posteriores en la etapa de regeneración actual, la relación de impedancia actual se registra en 140 y la tasa de porcentaje del cambio en la relación de impedancia se calcula en 142 como la diferencia entre la relación de impedancia actual y la relación de impedancia antigua dividida por la relación de impedancia antigua. Si en la etapa 144 la tasa del cambio aumenta menos de un 2 %, no se detecta ningún pico, el controlador 20 borra en la etapa 146 un temporizador de etapa y el controlador busca el siguiente intervalo de tiempo de treinta segundos. Si el aumento en la tasa del cambio en la relación de impedancia supera más de aproximadamente un 2 % en un intervalo de 30 segundos y se mantiene durante al menos 30 segundos, se ha detectado el primer pico.
- 10 Después de la detección del primer pico, puede insertarse un tiempo de espera en 152 con lo que el controlador no necesita grabar las señales durante un tiempo en el que no se prevé un pico. Por ejemplo, el tiempo de espera puede durar durante aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 30 minutos, preferiblemente al menos 15 minutos. Estos tiempos pueden variar, por ejemplo, en función de la tasa de flujo del agua y la colocación de la sonda de referencia 54 y la sonda de sensor 56 una respecto a otra, y de la dosis de sal.
- 15 Haciendo referencia a la figura 5, después de la detección del primer pico el controlador reanuda la medición en 130 de la tensión de la sonda de sensor 56, la sonda de referencia 54 y la línea de suministro, así como la conversión en 132 de los valores de analógico a digital, el cálculo en 136 de las impedancias y la relación de impedancia, la asignación en 138 de la primera relación de impedancia como la relación de impedancia antigua, la grabación en 140 de la relación de impedancia actual y el cálculo en 142 del cambio de porcentaje en la relación de impedancia como para el primer pico anterior.
- 20 Si la tasa del cambio en la relación de impedancia no cumple con el cambio de tasa mínima, el segundo pico no se ha reconocido en 156 y el controlador 20 restablece el temporizador de estado 118 y espera la siguiente medición de treinta segundos en 130. El segundo pico se reconoce en 158 cuando la tasa del cambio de la relación de impedancia se determina en 154 para que sea mayor que un 2 % y el estado se mantiene en 160 durante más de 30 segundos en el temporizador de estado 118. Después del reconocimiento del segundo pico, el controlador programa en 162 la terminación de la etapa de regeneración, o de forma inmediata o retrasada por una dosis de regenerante, un momento del día o cualquier otro evento.
- 25 Aunque el puente de Wheatstone 62 (figura 2) monitoriza de manera continua la tensión, ésta se registra a intervalos de tiempo para su uso en los cálculos. El intervalo de tiempo útil para determinar la tasa del cambio en las relaciones de impedancia es menor que la duración de los picos que está tratando de detectar, preferiblemente entre 10 y 60 segundos y más preferiblemente entre 20 y 40 segundos. Preferiblemente, los intervalos de tiempo están separados de manera regular.
- 35 Mientras que se ha mostrado y descrito una realización específica del presente método para determinar la duración de las etapas en una secuencia de regeneración, se apreciará por los expertos en la técnica que pueden hacerse cambios y modificaciones en la misma sin alejarse de la invención en sus aspectos más amplios y tal como se expone en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar la duración del servicio y las etapas de salmuera/lavado lento en un ciclo de proceso para un acondicionador de agua que tiene un lecho de un material de intercambio iónico, que comprende:
- 5 colocar una sonda de sensor y una sonda de referencia en el lecho del material de intercambio iónico desplazadas de manera vertical la una de la otra, con la sonda de sensor aguas arriba de la sonda de referencia;
- monitorizar una tensión de cada una de la sonda de sensor y la sonda de referencia sobre una pluralidad de intervalos de tiempo;
- calcular el cambio de porcentaje en la relación de impedancia para el intervalo de tiempo actual sobre la relación de impedancia mínima de la etapa de servicio;
- 10 detectar un aumento en el cambio en la relación de impedancia si el cambio de porcentaje en la relación de impedancia supera un primer aumento predeterminado durante un primer periodo de tiempo mínimo;
- terminar la etapa de servicio basándose en dicha etapa de detección;
- iniciar una etapa de salmuera/lavado lento;
- 15 monitorizar una tensión de cada una de la sonda de sensor y la sonda de referencia sobre una pluralidad de intervalos de tiempo;
- calcular la tasa de porcentaje del cambio en la relación de impedancia para el intervalo de tiempo actual a partir de la relación de impedancia de un intervalo de tiempo anterior;
- detectar un primer pico en la tasa de cambio en la relación de impedancia si la tasa de porcentaje del cambio en la relación de impedancia supera un primer cambio de tasa predeterminada durante un segundo tiempo predeterminado;
- 20 monitorizar una tensión de cada una de la sonda de sensor y la sonda de referencia sobre una pluralidad de intervalos de tiempo;
- calcular la tasa de porcentaje del cambio en la relación de impedancia para el intervalo de tiempo actual a partir de la relación de impedancia de un intervalo de tiempo anterior;
- 25 detectar un segundo pico en la tasa de cambio en la relación de impedancia si la tasa de porcentaje del cambio en la relación de impedancia supera un segundo cambio de tasa predeterminada durante al menos un tercer tiempo predeterminado; y
- terminar la etapa de salmuera/lavado lento basándose en dicha tercera etapa de detección.
2. Un método para determinar la duración de una etapa de salmuera/lavado lento en un ciclo de proceso para un acondicionador de agua que tiene un lecho de material de intercambio iónico, que comprende:
- 30 colocar un sonda de sensor y una sonda de referencia en el lecho del material de intercambio iónico desplazadas de manera vertical la una de la otra, con la sonda de sensor aguas arriba de la sonda de referencia;
- monitorizar una tensión de cada una de la sonda de sensor y la sonda de referencia sobre una pluralidad de intervalos de tiempo;
- 35 calcular una tasa de cambio en la relación de impedancia de la sonda de sensor con la sonda de referencia;
- detectar un primer pico en la tasa de cambio de las relaciones de impedancia de la sonda de sensor con la sonda de referencia, en donde dicho primer pico se define por la relación de impedancia que tiene un valor mínimo;
- repetir dichas etapas de monitorización, cálculo y detección hasta que se detecte un segundo pico, en donde dicho segundo pico se define por la relación de impedancia que tiene un valor máximo; y
- 40 terminar la etapa de salmuera/lavado lento después de que se hayan detectado los dos picos.
3. El método de la reivindicación 2, en donde dicha primera etapa de detección comprende identificar una tasa de cambio en las relaciones de impedancia de al menos un 2 % por cada 30 segundos.
4. El método de la reivindicación 2, en donde dicha segunda etapa de detección comprende identificar una tasa de cambio en las relaciones de impedancia de al menos un 2 % por cada 30 segundos.
- 45 5. El método de la reivindicación 2, que comprende además introducir un retardo de tiempo entre dicha detección del primer pico y el comienzo de la monitorización del segundo pico.

6. El método de la reivindicación 5, en donde dicho retardo de tiempo es al menos 15 minutos.
7. El método de la reivindicación 2, que comprende además retrasar la terminación de la etapa de lavado lento después de que se detecte el segundo pico.
- 5 8. El método de la reivindicación 7, que comprende además iniciar una etapa de programa posterior si no se detecta el segundo pico dentro de un intervalo de tiempo de espera.
9. El método de la reivindicación 2, en donde la sonda de referencia y la sonda de sensor de la etapa de monitorización son resistencias variables.
10. El método de la reivindicación 2, en donde dicha monitorización y dichas etapas de cálculo se realizan con la ayuda de un microprocesador.
- 10 11. El método de la reivindicación 2, en donde dichas etapas de monitorización y de cálculo se realizan con la ayuda de un circuito de puente.
12. Un acondicionador de agua (10) que tiene un controlador (20) y un lecho (14) de material de intercambio iónico (16), que comprende:
- 15 una sonda de sensor (56) colocada en el lecho (14);
- una sonda de referencia (54), colocada en el lecho (14) aguas abajo de dicha sonda de sensor (56);
- un circuito configurado para monitorizar una tensión de cada una de dicha sonda de sensor y dicha sonda de referencia sobre una pluralidad de intervalos de tiempo; y
- 20 un controlador (20) configurado para monitorizar las tensiones de cada una de dicha sonda de sensor (56) y dicha sonda de referencia (54), calcular la relación de impedancia de dicha sonda de sensor con dicha sonda de referencia, y terminar al menos una etapa de salmuera/lavado lento basándose en los cambios en dicha relación de impedancia, en donde se programa la terminación de la etapa de salmuera/lavado lento si la tasa de cambio de la relación de impedancia supera un primer cambio de tasa predeterminada y después de un tiempo de espera la tasa de cambio en la relación de impedancia supera un segundo cambio de tasa predeterminada.
- 25 13. El acondicionador de agua de la reivindicación 12, en donde dicha sonda de sensor (56) y dicha sonda de referencia (54) comprenden cada una de las mismas un par de resistencias variables.
14. El acondicionador de agua de la reivindicación 12, en donde dicho controlador (20) comprende un microprocesador (50).
15. El acondicionador de agua de la reivindicación 12, en donde dicho circuito incluye un circuito de puente Wheatstone (62).
- 30 16. El acondicionador de agua de la reivindicación 12, en donde el controlador (20) está configurado además para terminar una etapa de servicio basándose en los cambios en dicha relación de impedancia, en donde se programa la regeneración cuando la diferencia entre la relación de impedancia actual y la relación de impedancia mínima supera una diferencia predeterminada.
- 35 17. Un método para determinar la duración de la etapa de servicio en un ciclo de proceso para un acondicionador de agua que tiene un lecho de material de intercambio iónico, que comprende:
- colocar una sonda de sensor y una sonda de referencia en el lecho del material de intercambio iónico desplazadas de manera vertical la una de la otra, con la sonda de sensor aguas arriba de la sonda de referencia;
- monitorizar una tensión de cada una de la sonda de sensor y la sonda de referencia sobre una pluralidad de intervalos de tiempo;
- 40 calcular el cambio de porcentaje en la relación de impedancia para el intervalo de tiempo actual a partir de la relación de impedancia mínima de la etapa de servicio;
- detectar un primer pico en el cambio en la relación de impedancia si el cambio de porcentaje en la relación de impedancia supera el 7,5 % durante al menos seis minutos; y
- terminar la etapa de servicio basándose en dicha etapa de detección.
- 45 18. El método de la reivindicación 17, en donde dicha etapa de monitorización se realiza cada treinta segundos.
19. El método de la reivindicación 17, en donde dicha etapa de terminación comprende además programar un retardo antes de la terminación de dicha etapa de servicio.

20. El método de la reivindicación 17, en donde cada una de la sonda de sensor y la sonda de referencia comprenden un par de resistencias variables.

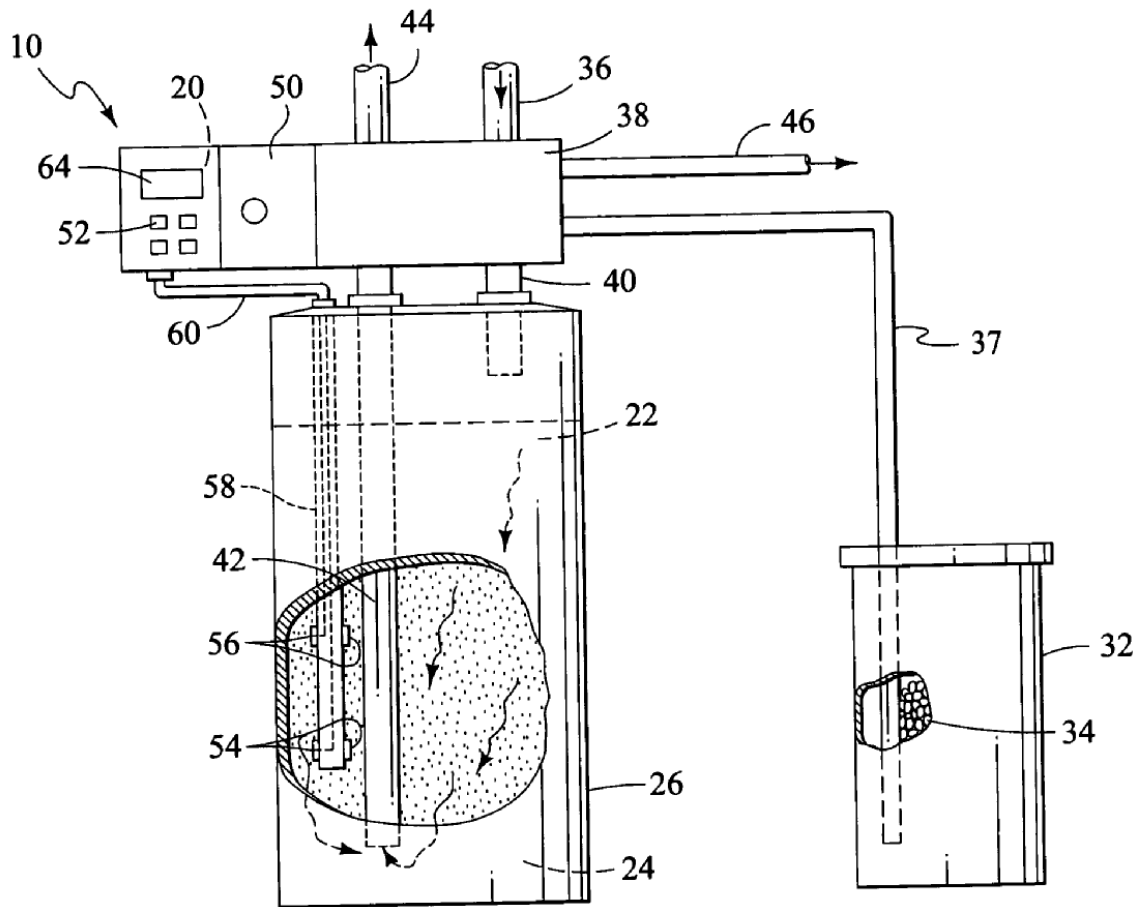


FIG. 1

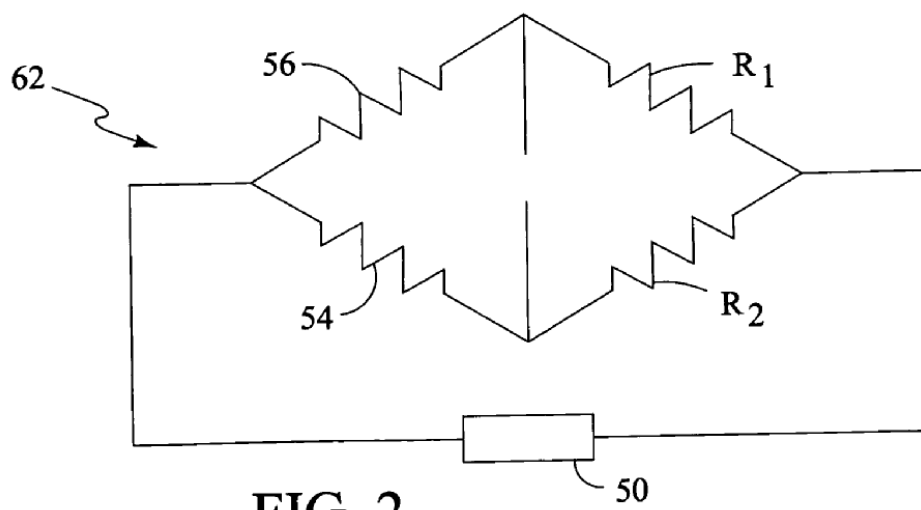


FIG. 2

FIG. 3

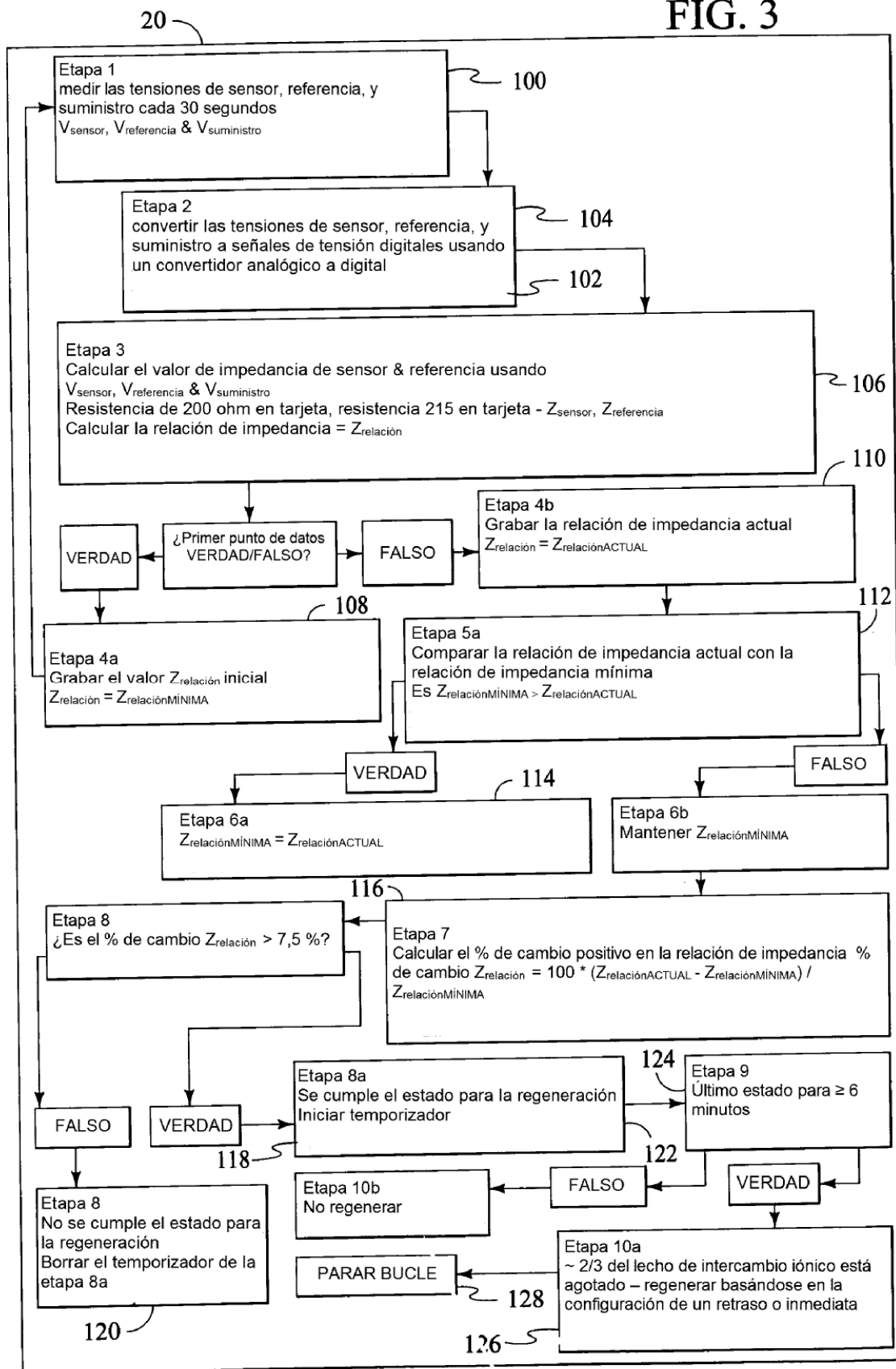


FIG. 4

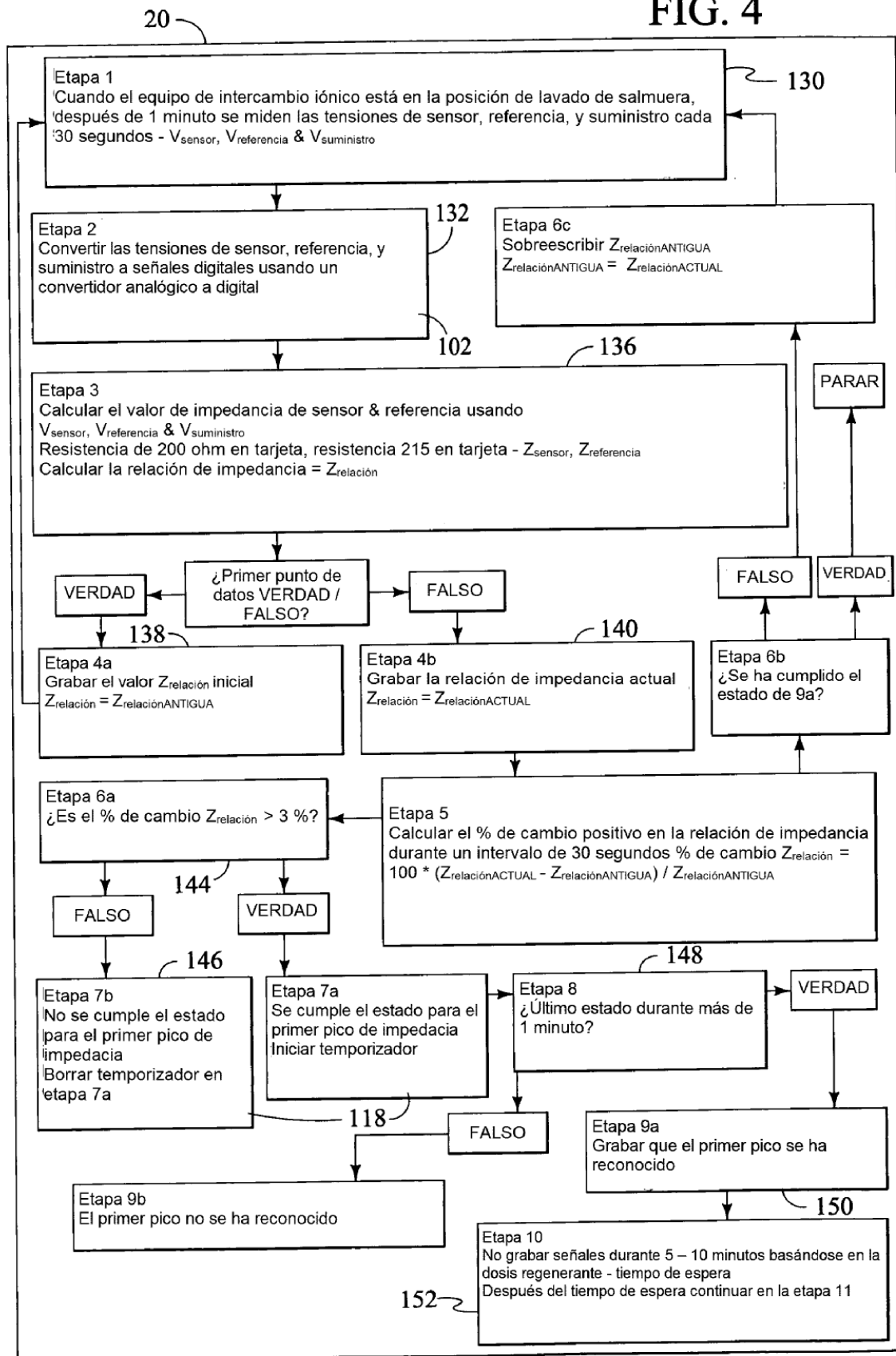


FIG. 5

