

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 840**

51 Int. Cl.:

C02F 1/461 (2006.01)
F28F 19/01 (2006.01)
C02F 1/58 (2006.01)
C25D 11/02 (2006.01)
C25D 11/34 (2006.01)
C02F 1/46 (2006.01)
F16L 58/00 (2006.01)
C02F 103/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2012 PCT/SG2012/000420**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14070104**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2012 E 12887335 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2019 EP 2914549**

54 Título: **Sistema y método de regulación de la conductividad del agua de refrigeración procedente de un sistema de recirculación de agua de refrigeración**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.07.2019

73 Titular/es:

INNOVATIVE POLYMERS PTE. LTD. (100.0%)
5 Yishun Industrial Street 1,
Singapore 768161, SG

72 Inventor/es:

NG, BEE KEONG y
LEE, SUE LIN, ALFRED

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 718 840 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

Sistema y método de regulación de la conductividad del agua de refrigeración procedente de un sistema de recirculación de agua de refrigeración

5

CAMPO

[0001] La presente invención se refiere a un sistema y método para regular la conductividad de agua de refrigeración de un sistema de recirculación de agua de refrigeración para la eliminación de cal a partir del agua de refrigeración.

10

ANTECEDENTES

[0002] En las industrias y edificios comerciales donde el calor se elimina mediante intercambiadores de calor, enfriadores o similares, el agua caliente se cicla a través de una torre de enfriamiento para enfriar y volver a circular. Debido a la evaporación, se concentran los sólidos disueltos en el agua.

15

[0003] Las sales escasamente solubles como carbonato de calcio y carbonato de magnesio pueden comenzar a depositarse en las tuberías, de manera similar algas y/o microorganismos pueden multiplicarse, causando obstrucción de los tubos de paso y de intercambio de calor y reducir la eficiencia de transferencia de calor.

20

[0004] En un intento de mantener la eficiencia de transferencia de calor, productos químicos tales como biocidas, anti-incrustante y anticorrosión se han utilizado tradicionalmente. Esto requerirá la eliminación de grandes volúmenes de agua que contengan productos químicos tóxicos.

25

[0005] Con el aumento de las preocupaciones ecológicas y de sensibilización ambiental y de seguridad, métodos alternativos y sostenibles están enfatizados y buscados.

[0006] Un método reciente de limitar la deposición de incrustaciones y la multiplicación de microorganismos se consiguen mediante electrolisis, en donde un par de electrodos se utiliza para depositar contenidos minerales contenidos en el agua de refrigeración como cal precipitada y desalojando tal cal por la inversión de polaridad de electrodo en un intervalo de tiempo predeterminado, lo que limita la acumulación de cal. Además, el cloro producido en el proceso electrolítico tiene un efecto de esterilización en el agua de refrigeración, lo que permite el control de algas y/o la multiplicación de microorganismos. De esta manera, la unión de incrustaciones y microorganismos se puede limitar sin usar ningún producto químico y el ciclo de concentración se puede aumentar para reducir el desperdicio de agua.

30

35

[0007] No obstante, cuando la conductividad del agua de refrigeración supera un valor umbral, siendo el dispositivo para la conductabilidad del proceso electrolítico incapaz de trabajar, por ejemplo en una situación como un aumento brusco de la dureza del agua de refrigeración causada por la evaporación intensa del agua. Para hacer frente a este problema, se debe detener todo el sistema y cambiar todo el agua de refrigeración. Esto causará un desperdicio excesivo de agua y la interrupción del sistema que resultará en un mayor desperdicio de energía debido al reinicio del sistema. Además, debido al hecho de que la conductividad no se puede controlar, el agua puede estar por encima o por debajo de la electrolisis. El exceso de electrolisis puede causar fugas en la tubería debido a la corrosión. Un amperaje alto puede reducir la vida útil de los electrodos y causar un gasto innecesario de electricidad. Por otro lado, la electrolisis puede degradar el rendimiento de descalcificación.

40

45

[0008] Los métodos y dispositivos para limpiar el agua circulante se enseñan en los documentos US 2008/0115925 y US 2011/0120887.

50

[0009] Un objeto de la presente invención consiste en mejorar al menos uno de los problemas mencionados anteriormente.

RESUMEN

[0010] De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema definido en la reivindicación 1 para regular la conductividad del agua de refrigeración en un recorrido de recirculación de un sistema de recirculación de agua de refrigeración a través del cual se hace circular el agua de refrigeración para eliminar cal del agua de refrigeración, que comprende:

55

60

un dispositivo electrolítico conectable al sistema de recirculación de agua de refrigeración para realizar la electrolisis en el agua de refrigeración cuando está conectado al sistema de recirculación de agua de refrigeración, el dispositivo electrolítico tiene una cámara electrolítica para recibir el agua de refrigeración, un par de electrodos dispuestos en la cámara electrolítica y una fuente de energía para aplicar una tensión entre el par de electrodos;

65

un controlador conectado a la fuente de poder;

una línea de entrada a través de la cual el agua de refrigeración fluye hacia la cámara electrolítica del dispositivo electrolítico;

5 una línea de salida a través de la cual el agua de refrigeración que se está electrolizando fluye desde la cámara electrolítica y regresa a la ruta de recirculación del sistema de recirculación de agua de refrigeración;

10 una sonda de conductividad provista a lo largo de la línea de salida para regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración al medir la conductividad del agua de refrigeración a lo largo de la línea de salida y proporcionar una entrada de la conductividad medida al controlador;

15 el controlador comprende un dispositivo de conductividad para monitorear el valor de voltaje y el valor de corriente entre el par de electrodos y para calcular la conductividad del agua de refrigeración basada en los valores monitoreados de voltaje y corriente; y

una salida de descarga que comprende una válvula,

20 por lo que el dispositivo de conductividad regula la cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica mediante la regulación de la duración de la descarga del agua de refrigeración a través de la válvula en función de la conductividad calculada del agua de refrigeración, la cal se elimina con el agua de refrigeración que se está descargando y el agua de refrigeración que se está electrolizando se dirige de vuelta a través de la línea de salida hacia la ruta de recirculación del sistema de recirculación del agua de refrigeración para la circulación.

25 **[0011]** Preferiblemente, la sonda de conductividad regula la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración mediante la medición de una conductividad del agua de refrigeración a lo largo de la línea de flujo de salida y proporcionar una entrada de la conductividad medida en el controlador para la regulación de la corriente aplicada para la electrólisis en base a la entrada de la conductividad medida, en donde, el controlador comprende además un mecanismo automático para recibir la entrada de la conductividad medida y regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración basada en la entrada de la conductividad medida para evitar electrólisis excesiva o insuficiente del agua de refrigeración.

30 **[0012]** Preferiblemente, el auto mecanismo aumenta la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida recibida de la sonda de conductividad excede un valor predeterminado de la conductividad, y disminuye la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida recibida de la sonda de conductividad cae por debajo del valor predeterminado de conductividad.

35 **[0013]** Preferiblemente, el controlador comprende un dispositivo de conmutación para la conmutación de las polaridades del par de electrodos para desalojar la cal depositada sobre la superficie de uno u otro del par de electrodos.

40 **[0014]** Preferiblemente, el dispositivo de conmutación comprende un temporizador para cambiar alternativamente la polaridad del par de electrodos en un intervalo de tiempo predeterminado.

45 **[0015]** Preferiblemente, el controlador comprende además un dispositivo de conductividad para monitorear el valor de voltaje y el valor de la corriente entre el par de electrodos y para calcular la conductividad del agua de refrigeración sobre la base de los valores monitorizados de tensión y corriente.

50 **[0016]** Preferiblemente, el dispositivo de conductividad del controlador abre la válvula a través de una señal de salida durante un período de tiempo para la descarga del agua de refrigeración en la cámara electrolítica en respuesta al cálculo.

55 **[0017]** Preferiblemente, la salida de descarga está en la base de la cámara electrolítica para la descarga del cal y el agua de refrigeración.

[0018] Preferiblemente, el valor predeterminado de conductividad está en el intervalo de 700 a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

60 **[0019]** Preferiblemente, el sistema comprende además un sensor de temperatura previsto en la cámara electrolítica para medir una temperatura en la cámara electrolítica. Preferiblemente, la conductividad del agua de refrigeración es la temperatura compensada a 25°C.

65 **[0020]** De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método definido en la reivindicación 8 para la regulación de la conductividad del agua de refrigeración en un recorrido de recirculación de un sistema de recirculación de agua de refrigeración a través del cual se hace circular el agua de refrigeración para la eliminación

de cal a partir del agua de refrigeración en un sistema como se describe aquí, que comprende los pasos de:

a) Electrólisis, que comprende:

5 introducir el agua de refrigeración en una cámara electrolítica de un dispositivo electrolítico que tiene un par de electrodos dispuestos en la cámara electrolítica;

aplicar una tensión entre el par de electrodos;

10 controlar la electrólisis del agua de refrigeración en la cámara electrolítica para depositar iones en el agua de refrigeración como un cal en la superficie de uno de los pares de electrodos;

monitorear un valor de voltaje y un valor de corriente entre el par de electrodos;

15 calcular una conductividad del agua de refrigeración en base a los valores monitoreados de voltaje y corriente; y

regular una cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica basada en la conductividad calculada del agua de refrigeración,

20 recibir la entrada de la conductividad medida y regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración basándose en la entrada de la conductividad medida para evitar la electrólisis excesiva o insuficiente del agua de refrigeración,

25 por lo que la etapa de introducir el agua de refrigeración en la cámara electrolítica se lleva a cabo a través de una línea de entrada, y el agua de refrigeración que se está electrolizando se dirige de nuevo a la ruta de recirculación del sistema de recirculación de agua de refrigeración desde la cámara electrolítica para la circulación a través de una línea de salida;

30 b) inversión de polaridad, que comprende:

cambiar las polaridades del par de electrodos para desalojar la cal depositada en la superficie de uno de los pares de electrodos; y

c) descarga, que comprende:

35 regular una cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica basada en la conductividad calculada del agua de refrigeración,

40 por lo que la cal se elimina con el agua de refrigeración que se está descargando y en donde la etapa de regular la cantidad de descarga comprende la duración de la descarga del agua de refrigeración en función de la conductividad calculada del agua de refrigeración.

45 **[0021]** Preferiblemente, la etapa de controlar la electrólisis del agua de refrigeración comprende incrementar la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida excede un valor predeterminado de conductividad, y disminuyendo la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida cae por debajo del valor predeterminado de conductividad.

50 **[0022]** Preferiblemente, la etapa de controlar la electrólisis del agua de refrigeración comprende, además, alternativamente la conmutación de las polaridades del par de electrodos en un intervalo de tiempo determinado previamente.

55 **[0023]** Preferiblemente, la etapa de regular la cantidad de descarga comprende además la etapa de aumentar la duración de la descarga del agua de refrigeración cuando la conductividad calculada del agua de refrigeración supera un valor determinado previamente de la conductividad, y disminuyendo la duración de la descarga del agua de refrigeración cuando la conductividad calculada del agua de refrigeración cae por debajo del valor predeterminado de la conductividad.

60 **[0024]** Preferiblemente, la cal se elimina con el agua de refrigeración siendo descargado desde la cámara electrolítica a través de una salida de descarga proporcionada en la base de la cámara electrolítica.

65 **[0025]** Preferiblemente, la etapa de ingresar el agua de refrigeración en la cámara electrolítica se lleva a cabo a través de una línea de flujo de entrada, y el agua de refrigeración que está siendo electrolizada se dirige de nuevo a la ruta de recirculación del sistema de recirculación de agua de refrigeración desde la cámara electrolítica de circulación a través de una línea de salida.

[0026] Preferiblemente, el valor predeterminado de conductividad está en el intervalo de 700 a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

[0027] Preferiblemente, el método comprende además la medición de una temperatura en la cámara electrolítica.

5 [0028] Preferiblemente, la conductividad del agua de refrigeración tiene compensación de temperatura a 25°C.

[0029] El sistema y el método proporcionado puede tener la ventaja de permitir que el sistema funcione de manera continua, en donde la conductividad del agua de refrigeración supera un valor umbral y puede ahorrar aún más agua y/o electricidad, evitar fugas de tubería y/o prolongar la vida útil de los electrodos.

10 [0030] Otros aspectos y ventajas de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de una revisión de la descripción siguiente, que procede con referencia a los siguientes dibujos ilustrativos de realizaciones preferidas.

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0031] A continuación se describirá la presente invención, solamente a modo de ejemplo ilustrativo, con referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales:

20 La Fig. 1A es una ilustración esquemática de un sistema en uso con un sistema de recirculación de agua de refrigeración para regular la conductividad del agua de refrigeración en una ruta de recirculación del sistema de recirculación de agua de refrigeración a través del cual el agua de refrigeración circula para eliminar la escala del agua de refrigeración.

25 La Fig. 1B es otra ilustración esquemática del sistema de la Fig. 1A en uso con el sistema de recirculación de agua de refrigeración para regular la conductividad del agua de refrigeración en la ruta de recirculación del sistema de recirculación de agua de refrigeración a través del cual el agua de refrigeración circula para eliminar la escala del agua de refrigeración.

30 La Fig. 2A es una ilustración esquemática del sistema de la Fig. 1A cuando una porción del agua de refrigeración de la torre de enfriamiento del sistema de recirculación de agua de refrigeración se introduce en una cámara electrolítica de un dispositivo electrolítico del sistema de acuerdo con un método para regular la conductividad del agua de refrigeración del sistema de recirculación de agua de refrigeración.

35 La Fig. 2B es una ilustración esquemática del sistema de la Fig. 2A que muestra la deposición de iones o escamas sobre la superficie del segundo electrodo del dispositivo electrolítico.

40 La Fig. 2C es una ilustración esquemática del sistema de la Fig. 2B que muestra un cambio de polaridad en los electrodos primero y segundo y que el depósito de escamas se desplaza de la superficie del segundo electrodo.

45 La Fig. 2D es una ilustración esquemática del sistema de la Fig. 2C que muestra la escala desplazada que se recolecta en la tolva cónica de la cámara electrolítica.

La Fig. 3A es una repetición del sistema de la Fig. 2A de acuerdo con el método para regular la conductividad del agua de refrigeración del sistema de recirculación de agua de refrigeración.

50 La Fig. 3B es una ilustración esquemática del sistema de la Fig. 3A que muestra la deposición de iones o escamas sobre la superficie del primer electrodo del dispositivo electrolítico.

La Fig. 3C es una ilustración esquemática del sistema de la Fig. 3B que muestra un cambio de polaridad en los electrodos primero y segundo y que el depósito de escamas se desplaza de la superficie del primer electrodo.

55 La Fig. 3D es una ilustración esquemática del sistema de la Fig. 3C que muestra la cal desplazada que se recolecta en la tolva cónica de la cámara electrolítica.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERIDAS

60 [0032] De acuerdo con un aspecto de una realización de la invención, se describe un sistema para regular la conductividad del agua de refrigeración en un recorrido de recirculación de un sistema de recirculación de agua de refrigeración a través del cual se hace circular el agua de refrigeración para la eliminación de cal a partir del agua de refrigeración. El sistema es para uso con el sistema de recirculación de agua de refrigeración.

65 [0033] Figs. 1A y 1B muestran un sistema 10 en uso con un sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 para regular la conductividad del agua de refrigeración en una ruta de recirculación R1 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 para eliminar la cal del agua de refrigeración (no mostrada). El agua de refrigeración se indica como CW en la Fig. 1A. El sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 comprende un intercambiador

de calor 16, una torre de enfriamiento 18, una bomba P1, una válvula V1 y tuberías 20, 22, 24, 26. La ruta de recirculación R1 está en forma de bucle y está formada por el calor intercambiador 16, la torre de enfriamiento 18 y el tubo 24, que conecta el intercambiador de calor 16 a la torre de enfriamiento 18.

5 **[0034]** El tubo 20 está conectado a una parte del intercambiador de calor 16 en un extremo, y es para recibir una corriente de agua caliente indicada como SA en la Fig. 1A y para dirigir la corriente de agua caliente en el intercambiador de calor 16 para enfriamiento de los mismos. El otro extremo de la tubería 20 está conectado a una fuente (no mostrada) de la corriente de agua caliente, como una planta enfriadora, el piso de producción de una fábrica, los acondicionadores de aire, una parte de cualquier edificio industrial o comercial donde se requiere la eliminación de calor, o similares.

15 **[0035]** Del mismo modo para el tubo 22, uno de sus extremos está conectado a una parte del intercambiador de calor 16. Sin embargo, esta porción del intercambiador de calor 16 está situado enfrente de la parte en la que un extremo del tubo 20 está conectado al otro extremo del tubo 22 está conectado a una parte de la fuente a la que se devuelve la corriente caliente de agua enfriada (no se muestra). Esta configuración permite que la tubería 22 reciba la corriente de agua caliente que se enfría mediante el intercambiador de calor 16 y que dirija la corriente de agua fría enfriada a la parte apropiada de la fuente.

20 **[0036]** El intercambiador de calor 16 enfría la corriente de agua caliente mediante la transferencia del calor de la corriente caliente de agua a otro medio, que en esta realización se conoce como el agua de refrigeración, indicado como CW en la Fig. 1A. Los dos medios pueden separarse para que nunca se mezclen o pueden estar en contacto directo. En esta realización, la corriente caliente de agua y el agua de refrigeración están separadas por tubos (no mostrados) en el intercambiador de calor 16.

25 **[0037]** El agua de refrigeración pasa a través del intercambiador de calor 16 a través de una primera porción del tubo 24a. Dentro del intercambiador de calor 16, el calor de la corriente caliente de agua se transfiere al agua de refrigeración. El agua de refrigeración, que ahora transporta el calor de la corriente caliente de agua, se dirige a la torre de enfriamiento 18 a través de una segunda parte de la tubería 24b para enfriar o eliminar el calor que se le ha transferido. Después de pasar a través de la torre de enfriamiento 18 y de enfriarse, el agua de refrigeración sale de la torre de enfriamiento a través de una tercera porción de la tubería 24c y se bombea de regreso a la primera porción de la tubería 24a a través de la bomba P1 y se dirige hacia el intercambiador de calor 16.

35 **[0038]** Durante el enfriamiento del agua de refrigeración en la torre de enfriamiento 18, la evaporación tiene lugar lo que hace que los sólidos disueltos, iones y/o sales escasamente solubles, tales como carbonato de calcio presente en el agua de refrigeración se concentran. Para compensar la pérdida de agua por evaporación, el agua dulce se alimenta a la torre de enfriamiento 18 por la tubería 26 a través de la válvula V1. La válvula V1 puede ser una válvula operada por flotador o similar y es para asegurar que el volumen del agua de refrigeración que circula en la ruta de recirculación R1 esté fijo en todo momento.

40 **[0039]** A pesar de que el agua dulce se introduce en la torre de enfriamiento 18 a través de la válvula V1 para compensar la pérdida de agua por evaporación, sales escasamente solubles, tales como carbonato de calcio y los iones tales como calcio y magnesio presente en el agua de refrigeración, ahora concentrada, formaría una escama en el agua de refrigeración como depósitos en la tubería 24, el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18, cada uno de los cuales recibe el agua de refrigeración. Las algas y/o los microorganismos también pueden multiplicarse y contribuir a la obstrucción del paso en la tubería 24, el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18. Además, los depósitos en la tubería 24, el tubo (s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18 fomentarán un mayor crecimiento de algas y/o microorganismos que pueden causar una mayor obstrucción del pasaje en la tubería 24 y el (los) tubo(s) de calor. El cambiador 16 y la torre de enfriamiento 18 reducen así la eficiencia de transferencia de calor entre la corriente caliente de agua y el agua de refrigeración. En el caso de que el paso en la tubería 24 y el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de refrigeración 18 estén demasiado obstruidos, lo que reduce o impide el flujo de agua de refrigeración a través del mismo, la tubería 24, el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18 deberán limpiarse utilizando productos químicos peligrosos o reemplazarse prematuramente.

55 **[0040]** Como se ha mencionado anteriormente, el sistema 10 es para uso con el sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 para la regulación de la conductividad del agua de refrigeración en la ruta de recirculación R1 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 para la eliminación de cal a partir del agua de refrigeración, que al menos aliviará el problema de la formación de depósitos o incrustaciones en la tubería 24, el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18. Con referencia a las Figs. 1A y 1B, el sistema 10 comprende un dispositivo electrolítico 14, un controlador 28, una bomba P2, una válvula V2, una válvula V3, una línea de entrada 30, una línea de salida 32, un tubo de descarga 34, una sonda de conductividad 36 y un sensor de temperatura (no mostrado). La línea de entrada 30 y la línea de salida 32 están típicamente en forma de tuberías.

65 **[0041]** El dispositivo electrolítico 14 comprende una cámara electrolítica 38, un par de electrodos a saber, un primer electrodo 40a y un segundo electrodo 40b y una fuente de potencia tal como en la forma de una corriente continua (DC) de fuente de alimentación 41. La cámara electrolítica 38 sirve para recibir el agua de refrigeración y aloja el

primer y segundo electrodos 40a, 40b, cada uno de los cuales está conectado a la fuente de alimentación de CC 41. La fuente de alimentación de CC 41 es para aplicar una tensión entre el primer electrodo 40a y el segundo electrodo 40b para realizar la electrólisis del agua de refrigeración.

5 **[0042]** La cámara electrolítica 38 comprende una tolva cónica 42 en la base de la cámara electrolítica 38 para almacenar o mantener la cal que se ha eliminado para su posterior descarga o dispensación desde la cámara electrolítica 38. La cal se descarga con el agua de refrigeración a través de la tubería de descarga 34 a través de la válvula V3. El tubo de descarga 34 está conectado a la tolva cónica 42 en la base de la cámara electrolítica 38. Se entendería que el dispositivo electrolítico 14 puede tener más de un par de electrodos 40a, 40b descritos anteriormente.

10 **[0043]** El sistema 10 está conectado al sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 a través de la línea de flujo de entrada 30 a través de la bomba P2 y a través de la línea de flujo de salida 32 a través de la válvula V2. En particular, un extremo de la línea de entrada 30 está conectado a una parte de la torre de enfriamiento 18 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12, mientras que el otro extremo de la línea de entrada 30 está conectado a una parte de la cámara electrolítica 38, un extremo de la línea de salida 32 está conectado a una parte de la torre de enfriamiento 18 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12, mientras que el otro extremo de la línea de salida 32 está conectado a una parte de la cámara electrolítica 38. La cámara electrolítica 38 es hermética y los gases que se producen durante el proceso de electrólisis solo pueden salir de la cámara electrolítica 38 a través de la línea de salida 32 que está conectada a la cámara electrolítica 38.

15 **[0044]** La línea de flujo de entrada 30 es para suministrar el agua de refrigeración de la torre de enfriamiento 18 en la cámara electrolítica 38 del dispositivo electrolítico 14 para la electrólisis y la línea de flujo de salida 32 es para el retorno de agua de refrigeración que está siendo electrolizada en la cámara electrolítica 38 regresa a la torre de enfriamiento 18 y, como tal, regresa a la ruta de recirculación R1 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 para circulación. La línea de entrada 30, la cámara electrolítica 38 y la línea de salida 32 forman o constituyen una ruta de derivación R2. El controlador 28 está conectado a la fuente de alimentación de CC 41 y sirve para controlar la electrólisis del agua de refrigeración en la cámara electrolítica 38 para depositar iones en el agua de refrigeración como una cal (no mostrada) en la superficie de uno de los pares de los electrodos 40a, 40b y para desalojar la cal depositada en ellos, monitoreando un valor de voltaje y un valor de corriente entre el par de electrodos 40a, 40b, calculando una conductividad del agua de refrigeración basada en los valores monitoreados de voltaje y corriente y regulando una cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica 38 y/o la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración en base a la conductividad calculada del agua de refrigeración. La corriente aplicada o aplicada actual también se conoce como amperaje.

20 **[0045]** El controlador 28 comprende un dispositivo de conmutación (no mostrado) para la conexión o la inversión de las polaridades de electrodos primero y segundo 40a, 40b para desalojar la cal depositada sobre la superficie de cualquiera de uno del par de electrodos 40a, 40b. La cal desplazada luego se almacena o se mantiene en la tolva cónica 42 de la cámara electrolítica 38 para su posterior descarga o dispensación desde la cámara electrolítica 38 a través del tubo de descarga 34 a través de la válvula V3. El dispositivo de conmutación comprende un temporizador (no mostrado) para alternar alternativamente las polaridades del par de electrodos 40a, 40b en un intervalo de tiempo predeterminado. Por ejemplo, si el intervalo de tiempo predeterminado se establece en 90 minutos, el temporizador permitirá que las polaridades del par de electrodos 40a, 40b cambien cada 90 minutos.

25 **[0046]** El controlador 28 comprende además un dispositivo de conductividad (no mostrado) para la supervisión y la regulación de la conductividad del agua de refrigeración mediante el control del valor de voltaje y el valor de la corriente entre el par de electrodos 40a, 40b, el cálculo de la conductividad del agua de refrigeración basada en los valores monitoreados de voltaje y corriente y regulando la cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica 38 regulando la duración de la descarga del agua de refrigeración en base a la conductividad calculada del agua de refrigeración. En particular, el dispositivo de conductividad controla el valor del voltaje y el valor de la corriente entre los electrodos primero y segundo 40a, 40b en un intervalo de tiempo predeterminado, que suele ser de una a tres horas, durante la electrólisis y calcula la conductividad del agua de refrigeración basada en los valores monitorizados de tensión y corriente. Se entenderá que el intervalo de tiempo predeterminado para monitorear los valores de voltaje y corriente entre el par de electrodos 40a, 40b no está limitado al típico de una a tres horas mencionadas anteriormente y puede variar dependiendo de la duración de la electrólisis del agua de refrigeración.

30 **[0047]** El dispositivo de conductividad regula la duración de la descarga del agua de refrigeración basado en la conductividad calculada del agua de refrigeración mediante el aumento de la duración de la descarga del agua de refrigeración desde la cámara electrolítica 38 cuando la conductividad calculada del agua de refrigeración excede de un valor predeterminado de conductividad, y al disminuir la duración de la descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica 38 cuando la conductividad calculada del agua de refrigeración cae por debajo del valor predeterminado de conductividad. En otras palabras, dependiendo de la conductividad calculada del agua de refrigeración calculada por el dispositivo de conductividad, el dispositivo de conductividad del controlador 28 proporcionará una señal de salida 44 para abrir la válvula V3 durante un período de tiempo para descargar la refrigeración. Agua en la cámara electrolítica 38 a través de la tubería de descarga 34 en respuesta a la

conductividad calculada. La duración de la apertura de la válvula V3 será mayor en respuesta a un alto valor de conductividad calculado, mientras que la duración de la apertura de la válvula V3 será más corta en respuesta a un bajo valor de conductividad calculado. En el caso de una sobrecarga inesperada de conductividad que exceda el valor de conductividad predeterminado, la válvula V3 se mantendrá abierta hasta que el valor de conductividad alcance un valor inferior al valor predeterminado. El valor predeterminado de conductividad se puede establecer en el rango de 700 a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

[0048] Con este dispositivo de conductividad, la conductividad o la dureza del agua puede ser monitorizada y regulada sin la necesidad de proporcionar un medidor independiente. Además, se puede establecer un valor de conductividad predeterminado en el dispositivo de conductividad para monitorear la condición de los electrodos primero y segundo 40a, 40b, como el desgaste de los electrodos 40a, 40b. Como tal, cuando el dispositivo de conductividad detecta este valor de conductividad predeterminado, se puede enviar una señal de salida para alertar a un operador del sistema 10 de que los electrodos 40a, 40b deben limpiarse o reemplazarse.

[0049] Como se ha descrito anteriormente, el sistema 10 comprende la sonda de conductividad 36. Como se muestra en la Fig. 1B, la sonda de conductividad 36 se proporciona a lo largo de la línea de flujo de salida 32 entre la válvula V2 y la cámara electrolítica 38. La sonda de conductividad 36 es para controlar la válvula V2, regular o controlar la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración y proporcionar una entrada 46 al controlador 28. Aunque sin la sonda de conductividad 36, el sistema 10 todavía puede usarse con el sistema de recirculación del agua de refrigeración 12 para regular la conductividad del agua de refrigeración en la ruta de recirculación R1 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 para eliminar la escama del agua de refrigeración, es ventajoso para el sistema 10 que componga la sonda de conductividad 36 porque, al ser capaz de regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración, sería posible evitar el exceso o el mal aislamiento del agua de refrigeración.

[0050] La sonda de conductividad 36 regula la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración mediante la medición de una conductividad del agua de refrigeración a lo largo de la línea de flujo de salida 32 y proporcionar la entrada 46 de la conductividad medida en el controlador 28 para regular la corriente aplicada para electrólisis en base a la entrada 46 de la conductividad medida. La sonda de conductividad 36 puede comprender un sensor o similar para medir la conductividad del agua de refrigeración a lo largo de la línea de salida 32. La medición de la conductividad del agua de refrigeración por la sonda de conductividad 36 se puede llevar a cabo de manera continua.

[0051] El controlador 28 comprende además un mecanismo automático (no mostrado) para recibir la entrada 46 de la conductividad medida y para regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración basada en la entrada 46 del valor de conductividad medido recibido de la sonda de conductividad 36. El mecanismo automático del controlador 28 regula la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración al proporcionar una salida 48 a la fuente de alimentación de CC 41 para aumentar la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada 46 de la conductividad medida recibida de la sonda de conductividad 36 excede un valor predeterminado de conductividad, o para disminuir la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada 46 de la conductividad medida recibida de la sonda de conductividad 36 cae por debajo del valor predeterminado de conductividad. El valor de conductividad predefinido se puede establecer en el rango de 700 a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

[0052] De esta manera, la conductividad del agua de refrigeración puede ser fácilmente regulada para caer dentro del intervalo deseable sin electrólisis excesiva o insuficiente del agua de refrigeración. Esto es ventajoso porque el exceso de electrólisis puede causar fugas en la tubería, especialmente las tuberías que son viejas, mientras que la electrólisis puede conducir al depósito de incrustaciones en la tubería 24, el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12. Así, con la regulación de la corriente aplicada para la electrólisis, el rendimiento operativo del sistema 10, los costos operativos y la vida útil de los electrodos 40a, 40b se puede optimizar.

[0053] El procesamiento electrolítico del agua de refrigeración basado en el sistema 10 aumenta la solubilidad de los iones y/o las sales escasamente solubles en el agua de refrigeración y puede permitir la eliminación de las incrustaciones existentes que pueden haber sido depositadas o precipitadas en la tubería 24, el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18. Este procesamiento electrolítico del agua de refrigeración también evita que la cal vuelva a depositarse en el tubo 24, el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18. La conductividad del agua de refrigeración en el sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 aumentará inicialmente a medida que se disuelva cualquier cal existente y posteriormente se mantenga en un cierto rango de valores de conductividad de equilibrio, como en el rango de 700 a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ descargando una porción del agua de refrigeración que se está electrolizando.

[0054] Sin embargo, debe haber un equilibrio entre la cantidad de agua de refrigeración electrolizada a ser descargada y el poder de disolución del agua de refrigeración que se electroliza. La descarga excesiva disminuirá el poder de disolución del agua de refrigeración electrolizada y la descarga hará que la conductividad del agua de refrigeración aumente a un nivel indeseable. Este equilibrio se logra mediante la regulación descrita anteriormente

de la cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica 38 basada en la conductividad calculada del agua de refrigeración.

5 **[0055]** Como se ha descrito anteriormente, el sistema 10 también comprende el sensor de temperatura (no mostrado). El sensor de temperatura está provisto en la cámara electrolítica 38 para medir la temperatura en la cámara electrolítica 38. Si la temperatura medida no está a 25°C, la conductividad del agua de refrigeración será la temperatura compensada a 25°C.

10 **[0056]** Además, el sistema 10 puede comprender además un colador 50, un medidor de flujo 52, un totalizador de flujo 54 y válvulas de aislamiento V4, V5, como se muestra en la Fig. 1B. El filtro 50 está provisto a lo largo de la línea de entrada 30 entre la torre de enfriamiento 18 y la bomba P2 y sirve para filtrar el agua de refrigeración que pasa a través de la línea de entrada 30. El filtro 50 actúa como un filtro para retener al menos algunas partículas más grandes o sólidos presentes en el agua de refrigeración, de modo que el agua de refrigeración que fluye a la bomba P2 está libre o tiene menos de tales partículas o sólidos.

15 **[0057]** El medidor de flujo 52 también se proporciona a lo largo de la línea de flujo de entrada 30, pero se proporciona entre la bomba P2 y la cámara electrolítica 38. El flujo de metro 52 es para medir la tasa de flujo de agua que está siendo alimentado o suministra a la electrolítica cámara 38.

20 **[0058]** El totalizador de flujo 54 se proporciona a lo largo de la tubería de carga 34 y está situado entre la tolva cónica 42 de la cámara electrolítica 38 y la válvula V3. El totalizador de flujo 54 es para calcular la cantidad acumulada o total de volumen de agua de refrigeración que se descarga a través de la tubería de descarga 34 a través de la válvula V3.

25 **[0059]** Se proporciona la válvula de aislamiento V4 entre la torre de enfriamiento 18 y el filtro 50 a lo largo de la línea de flujo de entrada 30. La válvula de aislamiento V5 también se proporciona a lo largo de la línea de flujo de entrada 30, pero entre la bomba P2 y el medidor de flujo 52. Las válvulas de aislamiento V4, V5 son para aislar ciertas secciones de la ruta de bypass R2 para facilitar la remoción de todo el sistema 10 o ciertas partes del sistema 10 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12, como para el mantenimiento del sistema 10 o el reemplazo de ciertas partes del sistema 10 sin tener que parar la operación del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12.

35 **[0060]** El sistema 10 cuando se conecta al sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 funciona como se describe a continuación. En primer lugar, cuando el agua de refrigeración sale de la torre de refrigeración 18, una parte del agua de refrigeración que circula a través de la torre de refrigeración 18 ahora se dirige o suministra a la cámara electrolítica 38 del dispositivo electrolítico 14 a través de la línea de entrada 30 mediante la operación de la bomba P2. La porción restante del agua de refrigeración que circula a través de la torre de refrigeración 18 se dirige o suministra a la tubería 24 para la circulación en la ruta de recirculación R1.

40 **[0061]** En la cámara electrolítica 38, se aplica un voltaje de corriente continua entre el primer electrodo 40a y el segundo electrodo 40b para electrolizar el agua de refrigeración recibido en el mismo controlada por el controlador 28. Durante este proceso de electrólisis (en lo sucesivo, el paso electrolítico), los iones contenidos en el agua de refrigeración, como el calcio y el magnesio, se depositan gradualmente como una cal en la superficie del primer electrodo 40a o del segundo electrodo 40b, dependiendo de cuál sea el cátodo. Los iones se eliminan del agua de refrigeración. La etapa electrolítica se lleva a cabo durante un tiempo predeterminado, tal como de una a tres horas durante las cuales la válvula V2 está abierta para devolver el agua de refrigeración que se electroliza a la torre de enfriamiento 18 a través de la línea de salida 32 y la válvula V3 está cerrada. El agua de refrigeración de la torre de refrigeración 18 se suministra de forma constante o continua a la cámara electrolítica 38 a través de la línea de entrada 30 y el agua de refrigeración de la cámara de electrólisis 38 se devuelve constante o continuamente a la torre de refrigeración 18 a través de la línea de salida 32 durante toda la duración del paso electrolítico. El agua de refrigeración que se devuelve a la torre de refrigeración 18 a través de la línea de salida 32 vuelve a unirse a la ruta de recirculación R1 para la circulación en el sistema de recirculación de agua de refrigeración 12. La duración predeterminada de la etapa electrolítica no se limita a solo una a tres horas y puede variar dependiendo de la calidad o dureza del agua de refrigeración. Por ejemplo, si el agua de refrigeración contiene una alta cantidad de contenido mineral, la etapa electrolítica se llevará a cabo durante un tiempo más corto en comparación con si el agua de refrigeración contiene una cantidad menor de contenido mineral.

55 **[0062]** Durante la etapa electrolítica, también se producen gases como hidrógeno, oxígeno y dióxido de carbono. Tales gases se diluyen con el aire introducido por la torre de enfriamiento 18 y se liberan del sistema 10 a través de la línea de salida 32 y se descargan a la atmósfera.

60 **[0063]** Después del transcurso de la duración predeterminada de la etapa electrolítica, las polaridades del primer electrodo 40a y el segundo electrodo 40b se conmutan o invierten (en adelante conocido como la etapa de inversión de la polaridad). En otras palabras, si el segundo electrodo 40b era inicialmente el cátodo y el primer electrodo 40a era inicialmente el ánodo en el paso electrolítico, el segundo electrodo 40b ahora se convertirá en el ánodo y el primer electrodo 40a se convertirá en el cátodo después de la inversión de polaridad en el paso de inversión de

polaridad.

[0064] En la etapa de inversión de la polaridad, la bomba P2 se detiene para detener el suministro del agua de refrigeración de la torre de enfriamiento 18 a la cámara de electrolítica 38 de la ruta de derivación R2 y las válvulas V2 y V3 están cerradas. El dispositivo de conmutación del controlador 28 luego controla un voltaje de la fuente de alimentación de CC 41 para invertir o cambiar las polaridades del primer electrodo 40a y el segundo electrodo 40b. Desde el ejemplo anterior, donde el primer electrodo 40a fue inicialmente el ánodo y el segundo electrodo 40b fue inicialmente el cátodo en el paso electrolítico, el primer electrodo 40a y el segundo electrodo 40b ahora están establecidos como el cátodo y el ánodo, respectivamente, en el paso de inversión de polaridad. La cal depositada en el cátodo inicial se desplaza de la superficie del mismo y se recoge en la tolva cónica 42 provista en la base de la cámara electrolítica 38. La etapa de inversión de polaridad se lleva a cabo durante un corto período de tiempo, como medio minuto a un minuto

[0065] Después de llevarse a cabo la etapa de inversión de polaridad, la cal desplazada y el agua de refrigeración se descarga de la cámara electrolítica 38 a través de la tubería de descarga 34 a través de la válvula V3 (en adelante conocida como la etapa de descarga). En la etapa de descarga, la bomba P2 se enciende, la válvula V3 se abre y la válvula V2 se cierra. Como resultado, la cal desplazada junto con el agua de refrigeración en la cámara electrolítica 38 se descarga y se elimina del sistema 10 mientras que el agua de refrigeración de la torre de refrigeración se suministra continuamente a la cámara electrolítica 38. La duración de la apertura de la válvula V3 depende de la conductividad calculada del agua de refrigeración calculada por el dispositivo de conductividad del controlador 28. La duración de la válvula V3 que está abierta será mayor en respuesta a un alto valor de conductividad calculado mientras que la duración de la apertura de la válvula V3 será más corta en respuesta a una baja conductividad calculada. La duración típica del paso de descarga es de aproximadamente uno a diez minutos. Sin embargo, no está limitado a este rango y puede variar según la conductividad calculada del agua de refrigeración.

[0066] Después de llevarse a cabo la etapa de descarga, el paso electrolítico como se describe anteriormente se lleva a cabo para una duración predeterminada y la válvula V2 está ahora abierta mientras que la válvula V3 está ahora cerrada en la etapa electrolítica. La bomba P2 permanece encendida durante el paso electrolítico. La única vez que se apaga la bomba P2 es en el paso de inversión de polaridad. Después del paso electrolítico, el paso de inversión de polaridad se lleva a cabo seguido del paso de descarga. Estos tres pasos se repiten continuamente en el orden de la siguiente secuencia: el paso electrolítico, el paso de inversión de polaridad, el paso de descarga.

[0067] Se apreciaría que el sistema 10 se puede quitar o desconectar del sistema de agua de recirculación de refrigeración 12 para ser un sistema autónomo. De manera ventajosa, como se describió anteriormente, el sistema 10 o ciertas partes del sistema 10 pueden retirarse del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 cuando se requiere que el mantenimiento se lleve a cabo en el sistema 10 o ciertas partes del sistema 10 como el dispositivo electrolítico 14 y el par de electrodos 40a, 40b. Durante dicho mantenimiento, el sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 puede continuar funcionando sin la necesidad de apagar todo el sistema de recirculación de agua de refrigeración 12.

[0068] El sistema 10 regula la conductividad al regular la cantidad de descarga del agua de refrigeración desde la cámara electrolítica 38 y la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración basada en la conductividad calculada del agua de refrigeración. Esto tiene la ventaja de prolongar sustancialmente la vida útil de los electrodos primero y segundo 40a, 40b, que normalmente se consumirían muy rápidamente y requerirían frecuentes recolocaciones en un sistema convencional para electrólisis. La reducción en el valor del potencial de oxidación-reducción por electrólisis del agua de refrigeración disminuye la velocidad de corrosión de la tubería 24 y el (los) tubo(s) del intercambiador de calor 16.

[0069] Además, el sistema 10 es capaz de ejecutar de forma continua incluso cuando la conductividad del agua de refrigeración supera un valor umbral, tal como en una situación en la que hay un aumento brusco en la concentración de sólidos disueltos, iones y/o sales escasamente solubles o dureza del agua de refrigeración causada por la evaporación intensa o un aumento inesperado de la evaporación del agua en la torre de enfriamiento 18. Los ejemplos que causan tal evaporación intensa o incrementos inesperados en la evaporación incluyen cambios en los ajustes de temperatura en una fuente como el piso de producción de una fábrica, los cambios en las condiciones climáticas, como las temperaturas de bulbo seco/húmedo y similares.

[0070] En tales situaciones, un sistema convencional tendrá que ser detenido y el agua de refrigeración tiene que ser cambiado antes de que un sistema de este tipo puede trabajar de nuevo. De manera ventajosa, el sistema 10 puede regular la conductividad del agua de refrigeración en la ruta de recirculación R2 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 para eliminar la escama del agua de refrigeración y también para funcionar continuamente incluso cuando la conductividad del agua de refrigeración un valor de umbral superior ayuda a ahorrar agua y electricidad, lo que hace que el sistema 10 sea un sistema sostenible y respetuoso con el medio ambiente. En particular, se establece un valor de conductividad predeterminado en el dispositivo de conductividad del controlador 28. Si el dispositivo de conductividad detecta que la conductividad del agua de refrigeración excede este valor predeterminado, es una indicación de que el dispositivo electrolítico 14 solo es incapaz de hacer frente a

la situación y se activará o abrirá automáticamente la válvula V3 para descargar una parte del agua de refrigeración de la cámara de electrólisis 38 a través del tubo de descarga 34. Al mismo tiempo, la válvula V1 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 se abrirá para alimentar o suministrar agua dulce a la torre de enfriamiento 18 a través de la tubería 26. El valor predeterminado de conductividad se puede establecer en un valor en el rango de 700 - 2.500 $\mu\text{S}/\text{m}$.

[0071] De acuerdo con otro aspecto de una realización de la invención, se describe un método para regular la conductividad del agua de refrigeración en la ruta de recirculación R1 del sistema de recirculación de agua de refrigeración 12 para la eliminación de cal a partir del agua de refrigeración con referencia a las Figs. 2A a 2D y las Figs. 3A a 3D.

[0072] La Fig. 2A es una ilustración esquemática del sistema 10 cuando el agua de refrigeración se introduce o suministra en la cámara electrolítica 38 de la ruta de derivación R2. El método comprende la etapa de introducir el agua de refrigeración de la torre de refrigeración 18 en la cámara electrolítica 38. El agua de refrigeración se dirige a la cámara electrolítica 38 a través de la línea de entrada 30 con la ayuda de la bomba P2.

[0073] Después de que el agua de refrigeración se bombea en la cámara electrocítica 38, la etapa de aplicar tensión entre el par de electrodos 40a, 40b tiene lugar para electrolizar el agua de refrigeración. En este paso, la válvula V2 está abierta mientras que la válvula V3 está cerrada. Después del paso de aplicar el voltaje, el paso de controlar la electrólisis del agua de refrigeración en la cámara electrolítica 38 controlada por el controlador 28 para depositar iones en el agua de refrigeración como una cal en la superficie del primer electrodo 40a o se produce el segundo electrodo 40b. En esta realización descrita, el voltaje se aplica de manera que el primer electrodo 40a está cargado positivamente, que se comporta como el ánodo, y el segundo electrodo 40b está cargado negativamente, que se comporta como el cátodo. La Fig. 2B muestra la deposición de iones o cal 56 en la superficie del segundo electrodo 40b, que se comporta como el cátodo. Los iones que generalmente causan descamación son a saber, los iones de calcio y magnesio, que están presentes en el agua de refrigeración. Al electrolizar el agua de refrigeración de tal manera, los iones que están presentes se eliminan del agua de refrigeración sin el uso tradicional de productos químicos que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente.

[0074] Se deja que la electrólisis del agua de refrigeración que continúe durante un intervalo de tiempo predeterminado o duración, por ejemplo durante aproximadamente una a tres horas, dependiendo de la calidad o la dureza del agua de refrigeración, y la cal 56 se deposita gradualmente sobre la superficie del segundo electrodo 40b durante este periodo. El agua de refrigeración electrolizada se dirige o devuelve a la torre de refrigeración 18 a través de la línea de salida 32 o también conocida como la tubería de retorno 32 a través de la válvula V2 que está abierta. La apertura y cierre de la válvula V2 está controlada por la sonda de conductividad 36.

[0075] Durante la electrólisis del agua de refrigeración, la etapa de monitorizar un valor de tensión y un valor de la corriente entre el par de electrodos 40a, 40b tiene lugar, seguido de la etapa de calcular la conductividad del agua de refrigeración basada en los valores monitoreados de voltaje y corriente. El paso de monitoreo y el paso de cálculo son llevados a cabo por el dispositivo de conductividad del controlador 28.

[0076] Una vez que el intervalo de tiempo predeterminado o la duración para la electrólisis del agua de refrigeración se alza, la etapa de conmutar las polaridades del par de electrodos 40a, 40b por el dispositivo de conmutación del controlador 28 se lleva a cabo para una duración predeterminada de alrededor de medio minuto a un minuto. En otras palabras, la polaridad del cátodo (el segundo electrodo 40b) y el ánodo (el primer electrodo 40a) se invierte. El dispositivo de conmutación del controlador 28 controla un voltaje de la fuente de alimentación de CC 41 y se aplica un voltaje de CC a los electrodos primero y segundo 40a, 40b para establecer el primer electrodo 40a y el segundo electrodo 40b como el cátodo y el ánodo, respectivamente. Como se muestra en la Fig. 2C. En virtud de esta inversión de polaridad, el segundo electrodo 40b es ahora el ánodo, que está cargado positivamente, lo que permite que la cal 56 depositada en la superficie del segundo electrodo 40b sea desalojada del mismo. Durante esta inversión de polaridad, las válvulas V2 y V3 están cerradas, y la bomba P2 se desconecta automáticamente para detener el suministro del agua de refrigeración de la torre de enfriamiento 18 a la cámara de electrolítica 38.

[0077] La cal 56 que se desaloja del segundo electrodo 40b se recolecta en la tolva cónica 42 como se muestra en la Fig. 2D para su posterior descarga desde la cámara electrolítica 38. Después de que se desaloja la cal 56, tiene lugar el paso de regular una cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica 38 basada en la conductividad calculada del agua de refrigeración. La regulación de la cantidad de descarga se lleva a cabo mediante el dispositivo de conductividad del controlador 28. La etapa de regular la cantidad de descarga comprende regular la duración de la descarga del agua de refrigeración en función del valor de conductividad calculado del agua de refrigeración. El dispositivo de conductividad regula la duración de la descarga del agua de refrigeración en función de la conductividad calculada del agua de refrigeración al aumentar la duración de la descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica 38 cuando la conductividad calculada del agua de refrigeración supera un valor predeterminado de conductividad, y al disminuir la duración de la descarga del agua de refrigeración desde la cámara electrolítica 38 cuando la conductividad calculada del agua de refrigeración cae por debajo del valor predeterminado de conductividad.

5 [0078] Después de la duración predeterminada de la inversión de polaridad de los electrodos 40a, 40b se ha terminado, la bomba P2 está encendida para suministrar el agua de refrigeración de la torre de enfriamiento 18 en la cámara electrolítica 38 y la válvula V3 está abierta para una duración predeterminada basada en la conductividad calculada del agua de refrigeración para descargar la cal 56 junto con el agua de refrigeración en la cámara electrolítica 38 a través de la tubería de descarga 34. La válvula V2 está cerrada durante toda la duración predeterminada de la descarga.

10 [0079] Una vez que se alza la duración predeterminada de la descarga, el proceso de electrólisis como se ha descrito anteriormente ahora se repitió excepto que el primer electrodo 40a es ahora el cátodo y el segundo electrodo 40b ahora es el ánodo. Las Figs. 3A a 3D muestran los pasos similares a los pasos que se muestran en las Figs. 2A a 2D. La única diferencia es que, ya que el primer electrodo 40a es ahora el cátodo, que está cargado negativamente, la deposición de iones o cal 58 está ahora sobre la superficie del primer electrodo 40a en lugar del segundo electrodo 40b.

15 [0080] La Fig. 3A es una ilustración esquemática del sistema 10 cuando el agua de refrigeración se introduce o suministra a la cámara electrolítica 38 de la ruta de derivación R2 a través de la línea de entrada 30 con la ayuda de la bomba P2. De manera similar, se permite que la electrólisis del agua de refrigeración continúe durante un intervalo de tiempo predeterminado y la cal 58 se deposite gradualmente sobre la superficie del primer electrodo 40a durante este periodo, como se muestra en la Fig. 3B. Una vez que se alza el intervalo de tiempo predeterminado, la polaridad del cátodo (el primer electrodo 40a) y el ánodo (el segundo electrodo 40b) se invierte mediante el dispositivo de conmutación del controlador 28. Durante la inversión de polaridad, la bomba P2 se apaga para detener el suministro de agua de refrigeración desde la torre de refrigeración 18 a la cámara electrolítica 38 y ambas válvulas V2 y V3 están cerradas. En virtud de esta inversión de polaridad, el primer electrodo 40a es ahora el ánodo, que está cargado positivamente, lo que permite que la cal 58 depositada en la superficie del primer electrodo 40a se desplace del mismo como se muestra en la Fig. 3C. La cal 58 que se desplaza del primer electrodo 40a se recoge en la tolva cónica 42 y se descarga desde la cámara electrolítica 38 junto con el agua de refrigeración en la cámara electrolítica 38 a través de la tubería de descarga 34 a través de la válvula V3 como se muestra en Fig. 3D. Como se describió anteriormente, la válvula V3 está abierta durante un tiempo predeterminado basado en la conductividad calculada del agua de refrigeración. Durante la apertura de la válvula V3, la válvula V2 permanece cerrada, pero la bomba P2 se conecta para suministrar el agua de refrigeración desde la torre de enfriamiento 18 a la cámara electrolítica 38.

35 [0081] El proceso completo de eliminación de incrustaciones, también conocido como proceso de descalcificación o logrado al repetir los pasos o ciclo de inversión de la polaridad anteriormente descritos en los intervalos de tiempo predeterminados de forma continua. Los sólidos disueltos, los iones y/o las sales escasamente solubles, incluidos los minerales presentes en el agua de refrigeración, se eliminan del agua de refrigeración reduciendo el arnés de los mismos, lo que evita que se formen incrustaciones en la tubería 24, la(s) tubería(s) del intercambiador de calor 16 y la torre de enfriamiento 18.

40 [0082] Además, el cloro que tiene un efecto de esterilización se produce durante el proceso de electrólisis. El cloruro producido estará presente en el agua electrolizada que permite la prevención de la propagación de algas y/o microorganismos en el sistema de agua de refrigeración de recirculación abierta 12. Como tal, la bioincrustación causada por algas y/o microorganismos puede reducirse sustancialmente sin utilizar productos químicos peligrosos.

45 [0083] Durante la electrólisis del agua de refrigeración en la cámara electrolítica 38, la regulación de la corriente aplicada para la electrólisis también se puede llevar a cabo para evitar la electrólisis excesiva o insuficiente de agua de refrigeración. El paso de regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración se basa en medir la conductividad del agua de refrigeración a lo largo de la línea de salida 32 y proporcionar una entrada de conductividad medida, que se realiza mediante la sonda de conductividad 36, y recibir la entrada de la conductividad medida y regulación de la corriente aplicada para la electrólisis basada en la entrada de la conductividad medida, que se realiza mediante el mecanismo automático del controlador 28. El mecanismo automático del controlador 28 regula la corriente solicitada. electrólisis del agua de refrigeración al proporcionar una salida a la fuente de alimentación de CC 41 para aumentar la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida recibida de la sonda de conductividad 36 excede un valor predeterminado de conductividad, o para disminuir la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida recibida de la conductividad La sonda 36 cae por debajo del valor predeterminado de conductividad. El valor predeterminado de conductividad se puede establecer en el rango de 700 a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

60 [0084] El método también comprende una etapa de medición de una temperatura dentro de la cámara electrolítica 38. Si la temperatura medida no es a 25°C, la conductividad del agua de refrigeración tiene compensación de temperatura a 25°C.

65 [0085] Diversas modificaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Por ejemplo, el dispositivo de conductividad puede regular la cantidad de descarga del agua de refrigeración regulando el caudal de la descarga en lugar de regular la duración de la descarga del agua de refrigeración.

[0086] El dispositivo de conductividad también puede regular la cantidad de flujo de entrada del agua de refrigeración mediante el control de la velocidad de flujo de la bomba P2. Esto es ventajoso ya que tal regulación ayudaría a ahorrar electricidad al ahorrar energía para operar la bomba P2.

5 **[0087]** En lugar de tener el valor predeterminado de la conductividad ajustada a un valor particular que está en el intervalo de 700 a 2.500 $\mu\text{S/cm}$, el valor predeterminado de conductividad puede comprender un límite inferior y un límite superior. Por ejemplo, el límite inferior se puede establecer en un valor de conductividad de 700 $\mu\text{S/cm}$ y el límite superior se puede establecer en un valor de conductividad de 2.500 $\mu\text{S/cm}$. Se entenderá que el límite inferior y el límite superior no se limitan a los valores de conductividad de 700 $\mu\text{S/cm}$ y 2.500 $\mu\text{S/cm}$, respectivamente. El
10 límite inferior y el límite superior se pueden establecer en cualquier valor de conductividad siempre que el valor esté en el rango de 700 $\mu\text{S/cm}$ a 2.500 $\mu\text{S/cm}$.

[0088] Aunque la invención anterior se ha descrito con cierto detalle a modo de ilustración y ejemplo, y con respecto a una o más realizaciones, a efectos de claridad de comprensión, es fácilmente evidente para los expertos en la materia. A la luz de las enseñanzas de esta invención, se pueden hacer ciertos cambios, variaciones y modificaciones. El alcance de la presente invención es como se define en las reivindicaciones adjuntas.
15

[0089] Se apreciaría además que aunque la invención abarca formas de realización individuales, también incluiría combinaciones de las realizaciones descritas. Por ejemplo, las características descritas en una realización no son mutuamente exclusivas de una característica descrita en otra realización, y pueden combinarse para formar otras realizaciones adicionales de la invención.
20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) para regular la conductividad del agua de refrigeración en una ruta de recirculación (R1) de un sistema de recirculación de agua de refrigeración (12) a través del cual el agua de refrigeración circula para eliminar las escamas del agua de refrigeración, que comprende: un dispositivo electrolítico (14) conectable al sistema de recirculación de agua de refrigeración (12) para realizar la electrólisis en el agua de refrigeración cuando está conectado al sistema de recirculación de agua de refrigeración (12) teniendo el dispositivo electrolítico (14) una cámara electrolítica (38) para recibir el agua de refrigeración, un par de electrodos (40a, 40b) dispuestos en la cámara electrolítica (38) y una fuente de energía (41) para aplicar una tensión entre el par de electrodos (40a, 40b); un controlador (28) conectado a la fuente de alimentación (41); una línea de entrada (30) a través de la cual el agua de refrigeración fluye hacia la cámara electrolítica (38) del dispositivo electrolítico (14); una línea de salida (32) a través de la cual el agua de refrigeración que se está electrolizando fluye desde la cámara electrolítica (38) y regresa a la ruta de recirculación (R1) del sistema de recirculación de agua de refrigeración (12) para la circulación; una sonda de conductividad (36) provista a lo largo de la línea de salida (32) para regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración al medir una conductividad del agua de refrigeración a lo largo de la línea de salida (32) y proporcionar una entrada de la conductividad medida al controlador (28); el controlador (28) comprende un dispositivo de conductividad para monitorear el valor de voltaje y el valor de la corriente entre el par de electrodos (40a, 40b) y para calcular la conductividad del agua de refrigeración basada en los valores de voltaje monitoreados y actuales; y una salida de descarga (34) en la cámara electrolítica (38) que comprende una válvula (V3), por lo que el dispositivo de conductividad regula la cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica (38) regulando la duración de la descarga de la refrigeración agua a través de la válvula (V3) basada en la conductividad calculada del agua de refrigeración, la cal se elimina con el agua de refrigeración que se está descargando y el agua de refrigeración que se está electrolizando se dirige de vuelta a través de la línea de salida (32) a la ruta de recirculación (R1) del sistema de recirculación de agua de refrigeración (12) para circulación.
2. Un sistema (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la sonda de conductividad (36) regula la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración midiendo una conductividad del agua de refrigeración a lo largo de la línea de salida (32) y proporcionando una entrada de la conductividad medida al controlador (28) para regular la corriente aplicada para la electrólisis basada en la entrada de la conductividad medida, en donde, el controlador (28) comprende además un mecanismo automático para recibir la entrada de la conductividad medida y regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración en base a la entrada de la conductividad medida para evitar la electrólisis excesiva o insuficiente de agua de refrigeración, aumentando preferiblemente el mecanismo automático la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida recibida de la sonda de conductividad (36) excede un valor predeterminado de conductividad y disminuye la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida recibida de la sonda de conductividad (36) cae por debajo del valor predeterminado de conductividad.
3. Un sistema (10) según la reivindicación 1, en el que el controlador (28) comprende un dispositivo de conmutación para cambiar las polaridades del par de electrodos (40a, 40b) para desalojar la cal depositada en la superficie de cualquiera del par de electrodos (40a, 40b), opcionalmente el dispositivo de conmutación comprende un temporizador para alternar alternativamente las polaridades del par de electrodos (40a, 40b) en un intervalo de tiempo predeterminado.
4. Un sistema (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el dispositivo de conductividad del controlador (28) abre la válvula (V3) a través de una señal de salida durante un período de tiempo para descargar el agua de refrigeración en la cámara electrolítica (38) en respuesta a la conductividad calculada.
5. Un sistema (10) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la salida de descarga (34) está en la base de la cámara electrolítica (38) para descargar la cal y el agua de refrigeración.
6. Un sistema (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el valor predeterminado de conductividad está en el intervalo de 700 a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
7. Un sistema (10) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el sistema comprende además un sensor de temperatura provisto en la cámara electrolítica (38) para medir una temperatura en la cámara electrolítica (38), opcionalmente, la conductividad del agua de refrigeración se compensa con la temperatura a 25°C.
8. Un método para regular la conductividad del agua de refrigeración en una ruta de recirculación (R1) de un sistema de recirculación de agua de refrigeración (12) a través del cual el agua de refrigeración circula para eliminar la cal del agua de refrigeración en un sistema (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende los pasos de:
- a) electrólisis, que comprende:
- introducir el agua de refrigeración en una cámara electrolítica (38) de un dispositivo electrolítico (14) que tiene un par de electrodos (40a, 40b) dispuestos en la cámara electrolítica (38); aplicando una tensión entre el par

- de electrodos (40a, 40b);
 controlar la electrólisis del agua de refrigeración en la cámara electrolítica (38) para depositar iones en el
 agua de refrigeración como una cal en la superficie de uno de los pares de electrodos (40a, 40b);
 monitorear un valor de voltaje y un valor de corriente entre el par de electrodos (40a, 40b);
 5 calculando una conductividad del agua de refrigeración en base a los valores monitoreados de voltaje y
 corriente; y
 recibir la entrada de la conductividad medida y regular la corriente aplicada para la electrólisis del agua de
 refrigeración basándose en la entrada de la conductividad medida para evitar la electrólisis excesiva o
 10 insuficiente del agua de refrigeración,
 en donde el paso de entrada del agua de refrigeración en la cámara electrolítica (38) se realiza a través de la
 línea de entrada (30) y el agua de refrigeración que se está electrolizando se dirige de nuevo a la ruta de
 recirculación (R1) del sistema de recirculación de agua de refrigeración (12) de la cámara electrolítica (38)
 para circulación a través de una línea de salida (32);
- 15 b) inversión de polaridad, que comprende:
 cambiar las polaridades del par de electrodos (40a, 40b) para desalojar la cal depositada en la superficie de
 cualquiera de los pares de electrodos (40a, 40b); y
 c) descarga, que comprende:
- 20 regular una cantidad de descarga del agua de refrigeración de la cámara electrolítica basada en la
 conductividad calculada del agua de refrigeración,
- por lo que la cal se elimina con el agua de refrigeración que se está descargando y en donde la etapa de regular
 la cantidad de descarga comprende la duración de la descarga del agua de refrigeración en función de la
 25 conductividad calculada del agua de refrigeración.
- 9.** Un método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además el aumento de la corriente aplicada para la
 electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de la conductividad medida excede un valor predeterminado
 de conductividad y disminuye la corriente aplicada para la electrólisis del agua de refrigeración cuando la entrada de
 30 la conductividad medida cae por debajo del valor predeterminado de conductividad.
- 10.** Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la etapa de controlar la electrólisis del agua de
 refrigeración comprende alternar alternativamente las polaridades del par de electrodos (40a, 40b) en un intervalo de
 35 tiempo predeterminado.
- 11.** Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la etapa de regular la cantidad de descarga comprende
 además la etapa de aumentar la duración de la descarga del agua de refrigeración cuando la conductividad
 calculada del agua de refrigeración excede un valor predeterminado de conductividad y disminuye la duración de la
 40 descarga del agua de refrigeración cuando la conductividad calculada del agua de refrigeración cae por debajo del
 valor predeterminado de conductividad, opcionalmente, la cal se elimina y el agua de refrigeración se descarga de la
 cámara electrolítica (38) a través de una salida de descarga (34) provista en la base de la cámara electrolítica (38).
- 12.** Un método según la reivindicación 9 u 11, en el que el valor predeterminado de conductividad está en el intervalo
 de 700 a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
 45
- 13.** Método según la reivindicación 9 u 11, que comprende además medir una temperatura en la cámara electrolítica
 (38).
 50
- 14.** Un método según la reivindicación 13, en el que la conductividad del agua de refrigeración tiene una temperatura
 compensada a 25°C.
 55
 60
 65

FIG. 16









