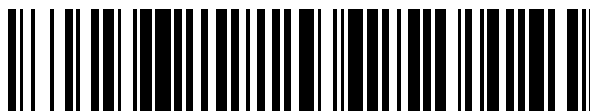


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 984**

51 Int. Cl.:

G01N 27/02 (2006.01)

G01R 27/22 (2006.01)

B01D 61/32 (2006.01)

G01N 27/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2006 E 06425569 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 1884769**

54 Título: **Sonda de conductividad y máquina de diálisis incluyendo la sonda**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2019

73 Titular/es:
**MEDICA S.P.A. (100.0%)
Via degli Artigiani, 7
Medolla (MO), IT**

72 Inventor/es:
ROSSI, VINCENZO

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 701 984 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

Sonda de conductividad y máquina de diálisis incluyendo la sonda

5 Esta invención se refiere a una sonda para medir la conductividad eléctrica, en particular, una sonda no invasiva para medir la conductividad iónica de soluciones líquidas.

La invención también se refiere a una máquina de hemodiálisis incluyendo la sonda diseñada en particular para medir la conductividad iónica de las soluciones usadas.

10 En numerosos campos de la ciencia y la tecnología, por ejemplo, en los campos médicos y zootécnicos o incluso en el campo de los combustibles, alimentos y aceites, es muy importante controlar con esmero la conductividad de las soluciones tratadas o usadas con el fin de garantizar la seguridad de los procesos de fabricación implicados.

15 Se conocen numerosos dispositivos de medición de tipo sustancialmente invasivo. Estos constan típicamente de un par de electrodos de un área superficial conocida sumergidos a una profundidad predeterminada en la solución a examinar.

20 Los dos electrodos están conectados a un generador de un voltaje equilibrado variable que provoca que la corriente alterna pase a través de ellos.

Básicamente, estos dispositivos miden la resistencia de la solución (usando un tipo especial de puente de Wheatstone) desde el que puede derivarse la conductividad eléctrica de la solución.

25 Una de las desventajas de los dispositivos de este tipo se debe a la inevitable reacción de los electrodos con la solución en la que están sumergidos lo que da lugar a la incrustación de los electrodos y a la contaminación de la solución.

30 Para superar estas desventajas, se concibió un dispositivo para medir la conductividad eléctrica sin electrodos sumergidos en la solución a examinar con el fin de garantizar el perfecto aislamiento galvánico entre los componentes eléctricos y la solución. Este dispositivo se describe en la patente italiana IT-1238243 del mismo solicitante que esta invención.

35 El dispositivo incluye un conducto sustancialmente toroidal hecho de un material aislante, diamagnético, que puede colocarse en un circuito hidráulico que contiene la solución cuya conductividad eléctrica debe medirse.

40 Dos bobinas están montadas alrededor de una sección del conducto. Una de las bobinas, usada para energizar, está conectada a un generador de un voltaje equilibrado variable, mientras que la segunda bobina, usada para recibir, está montada de tal forma que está mutuamente concatenada con la bobina energizante.

Así, la corriente que fluye a través de la segunda bobina es proporcional a la conductividad de la solución.

Este dispositivo no está, sin embargo, libre de desventajas.

45 En particular, el dispositivo no puede medir la conductividad de menos de un miliSiemens.

Además, la corriente detectada en las bobinas de medición depende de la inductancia de la bobina energizante a través de la corriente inducida en la solución.

50 Durante el uso, la inductancia tiende a variar, variando así el flujo magnético concatenado con la bobina lo que a su vez lleva a variaciones en la corriente inducida en la solución.

Se conocen medios para mayor exactitud de medición incluyendo un circuito de realimentación por US 4.138.639.

55 La dificultad de medir la baja conductividad, especialmente en el orden de microSiemens (μS) y miliSiemens (mS), implica que este dispositivo conocido no es muy versátil y no es completamente fiable fuera de ciertos rangos de temperatura.

60 En este contexto, esta invención tiene como principal finalidad técnica proporcionar una sonda para medir la conductividad eléctrica en el orden de miliSiemens y microSiemens.

Otra finalidad de la invención es proporcionar una sonda de conductividad que puede trabajar a cualquier temperatura y que puede garantizar una precisión satisfactoria de medición para cada valor de temperatura.

65 La finalidad técnica y las finalidades especificadas se logran sustancialmente mediante una sonda de conductividad que incluye las características técnicas descritas en la reivindicación 1.

Otras características y ventajas de esta invención son más evidentes en la siguiente descripción detallada, con referencia a una realización preferida, no limitante, de la sonda de conductividad ilustrada en los dibujos acompañantes, en los que:

5 La figura 1 es una vista muy esquemática, parcialmente en bloques y con algunas partes cortadas para su claridad, de una sonda de conductividad según la invención.

10 La figura 2 es una vista esquemática con algunas partes cortadas para su claridad, de un primer detalle de la circuitería de la sonda de la figura 1.

La figura 3 es una vista en perspectiva de una célula de medición de la sonda de la figura 1.

15 La figura 4 es una vista en perspectiva de otra realización de una célula de medición de la sonda según la invención.

La figura 5 es una vista esquemática de una máquina de diálisis según la invención.

20 Con referencia a los dibujos acompañantes, en particular a la figura 1, el número 1 denota una sonda de conductividad para medir la conductividad de una solución.

La sonda 1 incluye una parte hidráulica 100 asociada con una parte electrónica 110 que actúa en conjunto para calcular la conductividad.

25 La parte hidráulica 100 incluye un conducto 2 que tiene una primera y una segunda sección 101, 102, sustancialmente rectas y paralelas una a otra.

La primera y segunda secciones rectas 101, 102 están unidas una a otra por una primera y una segunda sección curvada 103, 104 para formar un bucle cerrado.

30 En otros términos, el conducto 2 está definido por una primera porción 105 en forma de un diapasón y una segunda porción 106 en forma de un diapasón unido en los extremos de los respectivos dientes.

El conducto 2 tiene una entrada 3 y una salida 4 y forma una célula de medición 2a para la sonda 1.

35 La figura 3 representa en particular cómo la entrada 3 y la salida 4 pueden orientarse en cualquier dirección con respecto al conducto 2.

Específicamente, la línea de trazos representa la entrada 3 y la salida 4 orientadas en una dirección sustancialmente perpendicular y colocadas en lados opuestos del plano en el que se encuentra el conducto 2.

40 Deberá también observarse que los términos entrada 3 y salida 4 se usan arbitrariamente por razones de sencillez dado que la sonda 1 funciona exactamente de la misma manera tanto si la solución fluye desde la entrada 3 hacia la salida 4 como en la otra dirección.

45 El conducto 2 está diseñado para cruzarse por la solución cuya conductividad debe medirse.

El conducto 2 está hecho preferiblemente de vidrio Duran® cuyas propiedades físicas y químicas son inalterables en el tiempo.

50 Además, los líquidos que circulan dentro del conducto 2 no afectan a este tipo de vidrio.

En particular, el vidrio Duran® permite ventajosamente usar la sonda 1 en máquinas de diálisis.

55 Además, el conducto 2 está hecho preferiblemente como una sola pieza con una costura de soldadura ininterrumpida entre la primera y la segunda porción con forma de diapasón 105, 106.

El conducto 2 tiene un rebaje 5 para alojar un transductor de temperatura 6 diseñado para medir la temperatura de la solución que fluye a través del conducto 2 pero sin entrar en contacto con ella.

60 Así, se mide la temperatura de forma no invasiva, sin contacto entre el transductor 6 y la solución en el conducto 2.

Deberá observarse que colocar el termistor 6 en el rebaje 5 evita el desgaste del termistor 6 y la contaminación de la solución.

65 Con referencia en particular a la figura 1, es importante señalar que el rebaje 5 se realiza preferiblemente en una de las dos secciones curvadas 103, 104.

ES 2 701 984 T3

Específicamente, el rebaje 5 se realiza en una porción cóncava 107 de la sección curvada 103, 104, como también se representa a modo de ejemplo con la línea de trazos en las figuras 3 y 4.

- 5 Además, el rebaje 5 está situado preferiblemente en la parte delantera de la entrada 3 o de la salida 4 con el fin de causar una turbulencia mínima o sustancialmente nula en el flujo de la solución en la célula 2a.

La parte electrónica 110 incluye un circuito de amplificación y accionamiento 112 de una sonda 1.

- 10 El circuito 112 incluye un extremo delantero 6a de un tipo sustancialmente conocido, no descrito en detalle, para adquirir la temperatura y asociado con el transductor 6.

El circuito 112 incluye también una bobina toroidal primaria o energizante 7 montada alrededor del conducto 2 y un circuito de suministro 8 para energizar la bobina 7.

- 15 Examinando más de cerca los detalles con referencia en particular a la figura 2, la bobina energizante 7 incluye tres devanados 9, 10 y 11 alrededor del toroide T1.

- 20 De los tres devanados 9, 10, 11 alrededor del toroide T1, los devanados 9 y 10 tienen el mismo número S de espirales, mientras que el devanado 11 tiene S1 espirales.

Los devanados 9 y 10 están conectados en serie y constituyen esencialmente un solo devanado energizante 15. El devanado 11 tiene una corriente inducida que fluye a través de él y constituye un devanado de realimentación, como se explica con más detalle más adelante.

- 25 El circuito de suministro 8 incluye dos moduladores 12 y 13, de un tipo sustancialmente conocido y por lo tanto no descrito en detalle, y un dispositivo 14 para moverlos, tal como, por ejemplo, un oscilador de onda cuadrada con un ciclo de trabajo de 50%.

- 30 Los moduladores 12 y 13 están conectados al devanado 15 para energizar la bobina 7 a un voltaje Vr1.

Los devanados 9 y 10 son energizados de forma alterna por los moduladores 12 y 13 para producir en la bobina 7 un flujo electromagnético alterno F como una función del número S de vueltas en cada uno de los devanados 9 y 10, del voltaje de suministro Vr1 y de la frecuencia de voltaje de suministro.

- 35 La sonda 1 incluye un circuito de realimentación 111 incluyendo el devanado de realimentación 11 que está acoplado magnéticamente con el devanado 15 a través del toroide T1 y que, por efecto del flujo electromagnético F, tiene a través de sus extremos un voltaje Vf proporcional a Vr1 en una relación de S/S1 y con un coeficiente de acoplamiento o de inducción mutua.

- 40 El circuito de realimentación 111 también incluye un regulador 19 para generar y estabilizar el voltaje Vr1.

El regulador 19 recibe como entrada el voltaje mencionado anteriormente Vf y un voltaje aplicado Vr y, en base a estos voltajes, modula el voltaje Vr1 en una porción intermedia 15a del devanado 15.

- 45 En resumen, el regulador 19 proporciona realimentación que controla el suministro al devanado 15 regulando el voltaje Vr1 como una función del voltaje aplicado Vr y del voltaje Vf medido a lo largo de los extremos del devanado de realimentación 11.

- 50 Específicamente, el regulador 19 incluye un rectificador 20 y un integrador 21 para modular el voltaje Vr1.

El rectificador 20 rectifica el voltaje Vf y lo aplica a la entrada del integrador 21 que recibe también el voltaje Vr como entrada y estabiliza el voltaje de salida Vr1 según el valor de referencia establecido Vr.

- 55 Básicamente, el voltaje Vf constituye un parámetro de control de suministro de la bobina 7 y se mide, por ejemplo, en relación a una referencia conocida G.

Una bobina toroidal secundaria o receptora 22 está también montada alrededor del conducto 2 y se coloca de tal forma que está mutuamente concatenada o mutuamente inducida con la bobina 7.

- 60 Deberá observarse que la bobina 22 y la bobina 7 están montadas coaxialmente alrededor de la sección recta 102 del conducto 2.

Como se ilustra, la bobina 22 incluye un devanado 23 alrededor de un toroide T2.

- 65

El circuito de amplificación y accionamiento 112 incluye un dispositivo de lectura de corriente 26, asociado con la bobina 22, para medir una corriente inducida I en la bobina 22 propiamente dicha cuando se energiza la bobina energizante 7.

5 Mirando con más detalle, el dispositivo 26 incluye un amplificador 27 y un rectificador 28, que consta, por ejemplo, de un rectificador síncrono.

Debe observarse que el rectificador síncrono 28 está sincronizado preferiblemente, de una manera sustancialmente conocida, con el circuito energizante 8 mencionado anteriormente.

10 La parte electrónica 110 incluye un sistema de procesamiento y control de sonda 1, 113, en comunicación con el circuito de amplificación y accionamiento 112.

15 Con referencia en particular a las figuras 1 y 2, el sistema de procesamiento y control 113 incluye una unidad de control informatizada 29 en comunicación con el circuito de suministro 8 de la bobina 7, con el transductor de temperatura 6 a través del extremo delantero 6a y con el dispositivo 26 para leer la corriente I en los extremos de la bobina 22.

20 Más específicamente, la unidad 29 incluye un convertidor digital/analógico 30 para generar el voltaje de referencia V_r para energizar la bobina 7 y un convertidor analógico/digital 31 usado únicamente para convertir la corriente I que fluye en la bobina 22, amplificada y rectificada por el dispositivo 26.

25 La unidad 29 incluye también un convertidor analógico/digital 32 para adquirir los valores de temperatura medidos por el transductor 6.

Por ejemplo, y sin restringir el alcance de la invención, el convertidor 31 puede ser del tipo de 24 bits, mientras que los convertidores 30 y 32 pueden, respectivamente, ser de los tipos de 12 bits y 16 bits.

30 La unidad 29 proporciona como salida el voltaje de referencia V_r y las órdenes para el dispositivo 14.

La unidad 29 supervisa el control de la sonda 1 y, específicamente, el cálculo de conductividad como una función de la temperatura de la solución y de la corriente I medida en la bobina 22.

35 La unidad 29 incluye un contador 33a para explorar los intervalos de tiempo de medición.

40 Con referencia a la figura 1 en particular, el sistema de procesamiento y control 113 incluye una salida de frecuencia analógica y una salida de voltaje analógico, ilustradas esquemáticamente como un bloque 35, para proporcionar como una salida el valor de conductividad calculado. Los valores tanto de voltaje como de frecuencia indicados son proporcionales a la conductividad calculada y son indicativos de la misma.

45 La medición de conductividad procesada por el programa que reside en la unidad informatizada 29 se pone a disposición del usuario en forma analógica y compensada en temperatura.

Deberá observarse que, preferiblemente, el bloque 35 está aislado galvánicamente y protegido contra cortocircuito.

50 El sistema 113 incluye también un puerto serie de comunicaciones 37, por ejemplo, del tipo sustancialmente conocido como bus RS-232, RS-485, RS-422, I2C o SPI, para poner las cantidades calculadas a disposición de más aplicaciones, que no se describen dado que están fuera del alcance de esta invención, y para recibir como entrada instrucciones para la sonda 1.

Un dispositivo automático 38 de un tipo sustancialmente conocido que forma parte de la unidad 29 genera una referencia de voltaje para operar los convertidores 30, 31 y 32. La sonda 1 incluye un sistema de seguridad 39 para indicar fallos que pueden ocurrir en la sonda 1 durante la operación descrita más adelante.

55 Por ejemplo, el sistema 39 indica mal funcionamiento del dispositivo 14, que supera un rango establecido o conversiones incorrectas de la corriente I y de la temperatura de la solución, errores de procesamiento al calcular la conductividad, errores durante la generación de la referencia de voltaje para los convertidores 30, 31 y 32 y mal funcionamiento del dispositivo 33a.

60 El sistema 39 incluye un primer, controlador de supervisión interno 40 y un segundo, controlador de supervisión 41, haciendo referencia el término "controlador de supervisión" a una herramienta hardware que supervisa la sonda 1 para asegurar que siempre esté en buenas condiciones de trabajo.

65 Preferiblemente, la parte electrónica 110 incluye también un bloque de suministro de potencia 46 equipado con fusibles reposicionables que no se ilustran.

ES 2 701 984 T3

El circuito de amplificación y accionamiento 112 mencionado anteriormente incluye un circuito de prueba 47 a través del cual la bobina energizante 7 está acoplada con la bobina secundaria 22.

5 Como se ilustra mejor en la figura 2, el circuito de prueba 47 incluye una espiral 48, que está acoplada magnéticamente con la bobina 22, y una resistencia de polarización 49.

El circuito de prueba 47 incluye también una resistencia de prueba 50 conectable en paralelo con la resistencia de polarización 49.

10 El circuito 47 permite a la bobina receptora 22 energizarse con una corriente que cancela su corriente magnetizadora. La espiral 48 y la resistencia de polarización 49 extraen de la bobina 7 una corriente proporcional al valor de la resistencia 49 que induce la función requerida en la bobina 22.

15 Conectando en paralelo la resistencia de prueba 50 con la resistencia de polarización 49, se añade una corriente conocida al circuito de tal manera que se prueba la célula de medición.

Durante el uso, la bobina primaria 7 se energiza con un voltaje alterno y la corriente I proporcional a la conductividad se mide en la bobina secundaria 22.

20 Más específicamente, la bobina 7 es alimentada usando el regulador 19 para regular el voltaje alterno Vr1 aplicado al devanado 15 a través de los moduladores 12 y 13.

25 Deberá observarse que el control de realimentación se realiza mediante el circuito de realimentación 111 en el voltaje Vr1 de tal manera que se mantiene constante el flujo magnético F mencionado anteriormente generado por el toroide T1 mientras que la inductancia de la bobina 7 cambia con el tiempo.

En particular, la inductancia de la bobina 7 puede variar con los cambios en las condiciones de operación.

30 Un campo eléctrico variable E proporcional al flujo electromagnético F se crea en el centro de la bobina 7, es decir, en la solución que circula en el conducto 2.

Los iones en la solución, al igual que una resistencia, permiten el paso de una corriente que incrementa a medida que se incrementa la concentración de los iones en la solución (debido a la resistencia eléctrica reducida).

35 La corriente alterna que circula en la solución fluye también a través de la bobina 22, induciendo así un flujo magnético F2 en el toroide T2 y produciendo la corriente I en los extremos del devanado 23.

40 Como se ha mencionado anteriormente, la frecuencia de suministro de la bobina energizante 7 se genera mediante la unidad informatizada 29 a través del dispositivo 14: por ejemplo, un módulo PWM con un ciclo de trabajo de 50%.

Deberá indicarse que la frecuencia de suministro puede diferenciarse para reducir la interferencia entre primaria y secundaria y entre las sondas 1 que están cerca unas de otras.

45 Para calcular la conductividad, la corriente I en los extremos de la bobina 22 se digitaliza mediante el convertidor 31, obteniendo así una señal digital, expresada en bits, relativa a la conductividad.

La unidad informatizada 29 aplica una corrección de desplazamiento y ganancia a la señal digital y devuelve el valor de conductividad en Siemens o sus submúltiplos.

50 Por ejemplo, una ley de conversión tal como:

$$C1 = \pm K \times (C - O)$$

55 donde C es el valor de la señal digital, O el valor en bits con una sonda vacía 1, es decir, una corrección de desplazamiento, y C1 el valor de conductividad, por ejemplo, en $\mu\text{S/cm}$, dado que K es la constante de transformación para convertir bits a $\mu\text{S/cm}$.

La corrección de desplazamiento puede obtenerse con un procedimiento de calibración de sonda vacía proporcionando inicialmente un desplazamiento de 0.

60 Ventajosamente, en realizaciones alternativas que no se describen, otras leyes de conversión pueden usarse para obtener un valor de conductividad en Siemens.

La constante de transformación K toma en cuenta lo siguiente: relación de espirales de bobina energizante 7 con espirales de bobina receptora 22; constante de célula; y amplificaciones requeridas para acondicionar la señal.

En el cálculo de la conductividad de la solución, la unidad informatizada 29 pondera también el valor de conductividad como una función de la temperatura medida por el transductor 6.

5 El sistema de seguridad 39 emite un aviso al instante en el caso de cualquier mal funcionamiento y el controlador de supervisión interno 40 comprueba periódicamente la eficiencia del hardware.

Cualquier fallo en el controlador de supervisión interno 40 se detecta y se indica mediante el controlador de supervisión externo 41.

10 El amplificador 27, el rectificador 28 y la unidad 29 constituyen los medios 43 para leer una corriente.

El devanado de realimentación 11, el rectificador 20 y el integrador 21 constituyen los medios de compensación 44, en particular, los medios 44 para compensar una fuerza electromotriz (fem), usándose el término "fuerza electromotriz" para hacer referencia a una fuerza que produce una corriente en un conductor.

15 El transductor 6, el extremo delantero 6a para adquirir la temperatura y la unidad de control informatizada 29 constituyen los medios de detección de temperatura 45.

20 Esta invención se aplica también a una sonda doble incluyendo una primera y una segunda sonda 1 como se ha descrito anteriormente montadas en serie, es decir, con la salida 4 de la célula de carga de una asociada con la entrada 3 de la célula de carga de la otra.

25 La figura 4 en particular representa una célula de medición hecha como una sola parte definida por el conducto 2 de una primera sonda 1a conectada al conducto 2 de una segunda sonda 1b.

Específicamente, la salida 4 del conducto 2 de la primera sonda 1a está conectada a la entrada 3 del conducto 2 de la segunda sonda 1b.

30 La primera y segunda sondas 1a, 1b tienen respectivos toroides T1 y T2 a los que están interconectados los respectivos circuitos electrónicos (no ilustrados).

Ventajosamente, las sondas 1a y 1b están separadas y la operación de una es independiente de la de la otra.

35 La primera y segunda sondas 1a, 1b forman un sistema redundante para aumentar el nivel de seguridad y la certeza de medición especialmente en aplicaciones médicas.

Como se ilustra en la figura 5, esta invención se refiere también a una máquina de hemodiálisis 200 incluyendo una sonda de conductividad 1 como se ha descrito anteriormente.

40 La máquina 200 es de un tipo sustancialmente conocido y por lo tanto no se describe en detalle. La máquina 200 incluye un circuito hidráulico 201 incluyendo la célula de medición 2a de la sonda de conductividad 1. Como se ha descrito anteriormente, la célula 2a está asociada con la parte electrónica 110 de la sonda 1.

45 La invención tiene ventajas importantes.

El valor de conductividad calculado está sustancialmente libre de errores relacionados con la temperatura y por lo tanto puede ser muy exacto.

50 El control de realimentación del flujo electromagnético inducido en el toroide T1 asegura que la corriente I medida en la bobina 22 dependa únicamente de la solución y en las cantidades de entrada y no en alteraciones de la bobina energizante 7.

55 De hecho, la temperatura de la bobina energizante durante la operación puede ser tal que varíe la inductancia de la propia bobina, causando así errores de medición: el circuito de realimentación permite corregir estos errores.

El cálculo de conductividad es extremadamente preciso y hace posible medir la conductividad en el orden de microSiemens y nanoSiemens.

60 Ventajosamente, además, la sonda puede usarse para todas las aplicaciones en las que debe medirse la conductividad de forma no invasiva tales como, por ejemplo, en las industrias zootécnicas, alimentarias, de combustibles y de aceite, o donde se requieren mediciones de conductividad infinitesimales.

En particular, la sonda de conductividad puede aplicarse ventajosamente a diálisis donde la conductividad de las soluciones usadas puede variar en un rango de aproximadamente 5 μ Siemens a aproximadamente 20 mSiemens.

65

Además, el control electrónico de la sonda implica que la sonda pueda usarse bajo diferentes condiciones de temperatura.

5 El transductor de temperatura montado dentro de un rebaje especialmente diseñado permite a la sonda operar de una manera totalmente no invasiva, evitando que la sonda contamine la solución a medir.

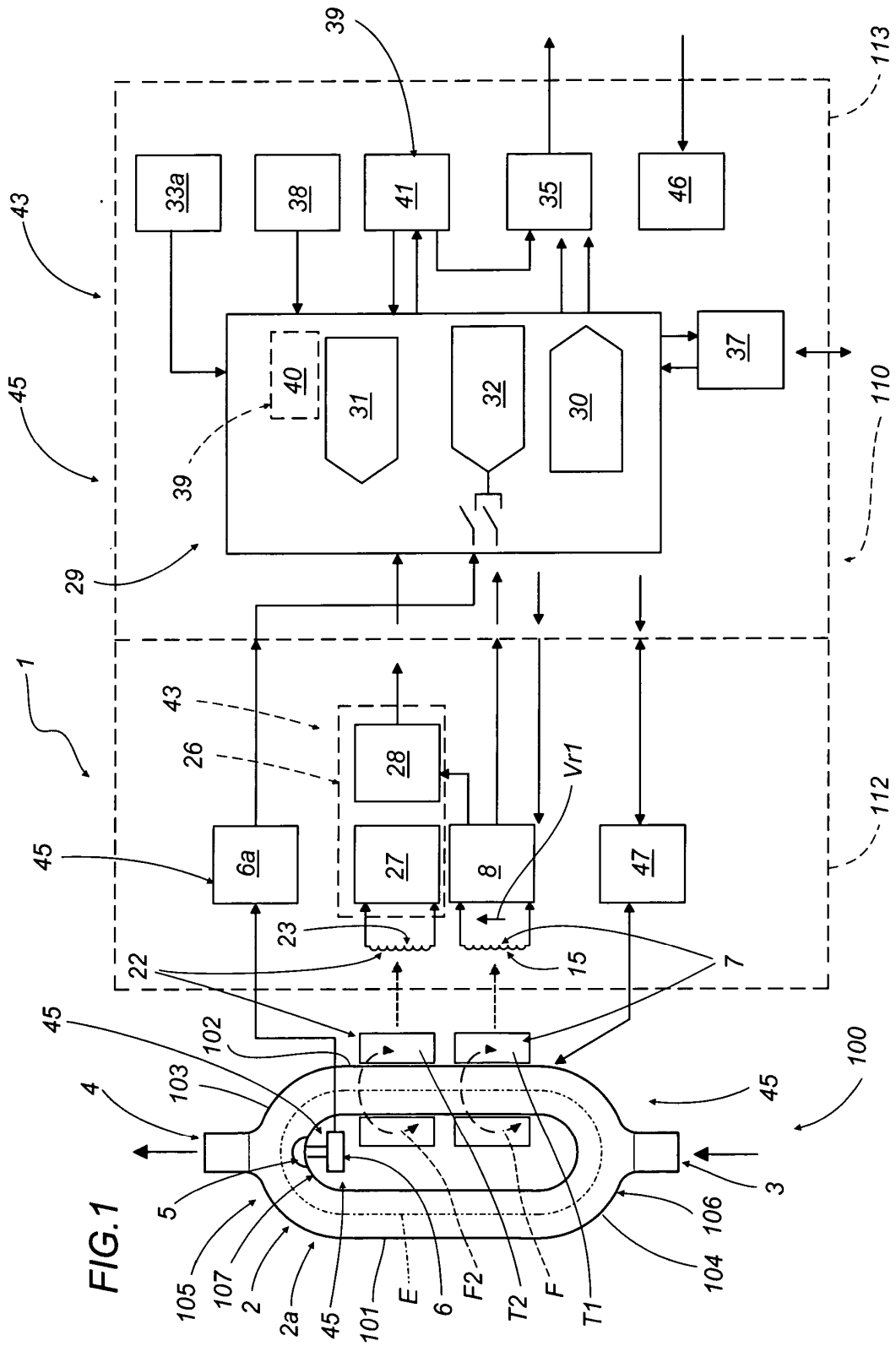
Además, la sonda doble tiene la ventaja añadida de garantizar un mayor nivel de seguridad gracias a la redundancia de las dos sondas dispuestas en serie.

10

REIVINDICACIONES

1. Una sonda para medir la conductividad de una solución, incluyendo una parte hidráulica (100) asociada con una parte electrónica (110) que actúan en conjunto para calcular la conductividad, incluyendo la parte hidráulica (100) un conducto (2) que tiene una entrada (3) y una salida (4) para la solución y que tiene una primera y una segunda sección recta y paralela (101, 102) unidas una a otra mediante una primera y una segunda sección curvada (103, 104) para formar un bucle cerrado y formar una célula (2a) para medir la conductividad, incluyendo la sonda una primera y una segunda bobina (7, 22) montadas alrededor del conducto (2), un circuito energizante (8) que genera un voltaje (V_{rl}) para energizar la primera bobina (7), medios de lectura de corriente (43) asociados con la segunda bobina (22) para leer una corriente (I) que circula en la segunda bobina (22), estando la segunda bobina (22) mutuamente concatenada con la primera bobina (7) a través de un flujo electromagnético (F) generado por la primera bobina (7) y a través de la solución que circula en el conducto (2), incluyendo la sonda medios de compensación (44) asociados con la primera bobina (7) para mantener constante el flujo electromagnético (F), donde la parte electrónica (110) incluye un circuito de amplificación y accionamiento (112) y éste último incluye un circuito de prueba (47), a través del cual la primera bobina (7) está acoplada con la segunda bobina (22) y actuando entre la primera y la segunda bobina (7, 22) para asegurar que las bobinas primera y segunda (7, 22) estén correctamente acopladas una con otra; incluyendo el circuito de prueba (47) una espiral (48) acoplada magnéticamente con la primera bobina (7) y con la segunda bobina (22) y una resistencia de polarización (49) y una resistencia de prueba (50) conectable en paralelo con la resistencia de polarización (49); incluyendo los medios de compensación (44) un circuito de realimentación (111), que está acoplado con el flujo electromagnético (F) e incluye un devanado de realimentación (11) mutuamente concatenado con el flujo electromagnético (F) y un regulador (19) para estabilizar el voltaje energizante (V_{rl}) según el voltaje (V_f) medido en los extremos del devanado de realimentación (11); incluyendo la sonda además una unidad de control informatizada (29) para suministrar al regulador (19) un voltaje de referencia (V_r) para energizar la primera bobina (7), recibiendo el regulador (19) como entrada tanto el voltaje (V_f) medido en los extremos del devanado de realimentación (11) como el voltaje de referencia (V_r) y proporcionando realimentación usada para regular el voltaje energizante (V_{rl}).
2. La sonda según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el regulador (19) incluye un rectificador (20) para rectificar el voltaje (V_f) medido en los extremos del devanado de realimentación.
3. La sonda según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** el regulador (19) incluye un integrador (21) para comparar el voltaje (V_f) medido en los extremos del devanado de realimentación (11) con el voltaje de referencia (V_r).
4. La sonda según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, **caracterizada porque** el conducto (2) tiene un rebaje (5) y un transductor de temperatura (6), montado en el rebaje y mantenido separado de la solución, para medir la temperatura de la solución.
5. La sonda según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4, **caracterizada porque** la primera y segunda secciones rectas (101, 102) unidas una a otra mediante la primera y la segunda sección curvada (103, 104) definen una primera porción (105) en forma de un diapasón y una segunda porción (106) en forma de un diapasón unido en los extremos de los respectivos dientes, estando la primera y la segunda bobina (7, 22) montadas alrededor de una de dichas primera y segunda secciones rectas (101, 102) del conducto (2).
6. La sonda según la reivindicación 5, **caracterizada porque** el rebaje (5) se realiza en una porción cóncava (107) de una sección curvada (103, 104) del conducto (2).
7. La sonda según la reivindicación 4 o 6, **caracterizada porque** incluye una unidad de control informatizada (29) asociada con el transductor de temperatura (6) y con los medios de lectura (43) para calcular la conductividad de la solución como una función de la corriente (I) y la temperatura de la solución.
8. La sonda según la reivindicación 7, **caracterizada porque** incluye un sistema de seguridad (39), asociado con la unidad de control informatizada (29), para indicar fallos que pueden ocurrir en la sonda.
9. La sonda según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 8, **caracterizada porque** el conducto (2) está hecho de una sola parte.
10. La sonda según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 9, **caracterizada porque** incluye una salida de frecuencia analógica (35).
11. La sonda según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 10, **caracterizada porque** incluye una salida de voltaje analógico (36).
12. La sonda según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 10, **caracterizada porque** incluye un puerto serie de comunicaciones (37).

13. Una sonda doble para medir la conductividad de una solución, **caracterizada porque** incluye una primera sonda (1a) y una segunda sonda (1b) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 12, acopladas una con otra de tal forma que la salida (4) del conducto (2) de la primera sonda fluya a la entrada (3) del conducto (2) de la segunda sonda para formar una única célula de medición, obteniendo así una medición redundante de la conductividad para la solución que fluye a través de la primera y la segunda sonda (1a, 1b).
- 5
14. Una sonda doble según la reivindicación 13, **caracterizada porque** la célula de medición está hecha de una sola pieza.
- 10
15. Una máquina de diálisis incluyendo un circuito hidráulico (201) para hacer circular una solución, **caracterizada porque** incluye una sonda de conductividad (1) o una sonda doble según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 14, estando situada la célula de medición en el circuito hidráulico (201).



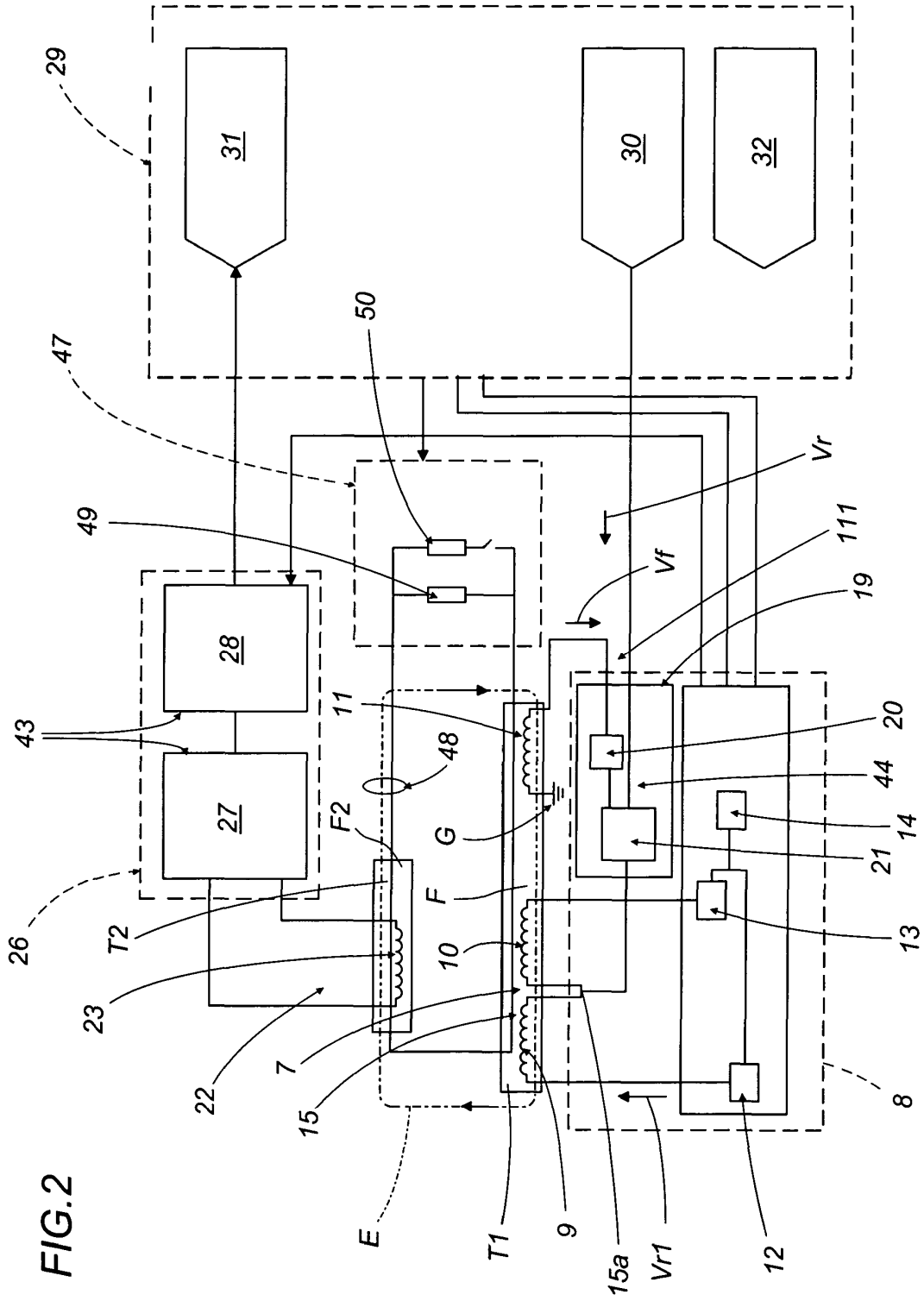


FIG.2

