

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 499**

51 Int. Cl.:

**G01N 27/07** (2006.01)

**G01N 27/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.06.2016 PCT/GB2016/051851**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2016 WO16207619**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2016 E 16744829 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 3314243**

54 Título: **Aparato de ensayo y procedimiento para analizar una propiedad eléctrica de un fluido**

30 Prioridad:

**23.06.2015 GB 201511041**

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

**17.04.2020**

73 Titular/es:

**MEGGER INSTRUMENTS LTD (100.0%)**

**Archcliffe Road  
Dover, Kent CT17 9EN, GB**

72 Inventor/es:

**COURTNEY, ANTHONY;  
ZUREK, STANISLAW y  
HAYNES, SIMON**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio**

ES 2 754 499 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**

Aparato de ensayo y procedimiento para analizar una propiedad eléctrica de un fluido

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere en general a procedimientos y aparatos para analizar una propiedad eléctrica de un fluido, y más específicamente, pero no exclusivamente, a aparatos de ensayo que comprenden una célula de ensayo para medir la resistividad, el factor de disipación tan delta y/o la permitividad de un aceite aislante.

10

**Antecedentes**

Las propiedades eléctricas de un fluido pueden necesitar ser analizadas, por ejemplo, para evaluar si el fluido se ajusta a las normas relevantes. Por ejemplo, la resistividad y/o el factor de disipación tan delta del aceite aislante utilizado en los transformadores eléctricos puede necesitar ser analizado periódicamente, en un intervalo de temperaturas, para asegurar que la resistividad esté dentro de los límites especificados. La resistividad y/o el factor de disipación del aceite pueden degradarse con el tiempo y la contaminación, y, si la resistividad cae por debajo de los límites especificados, esto puede presentar un peligro para la seguridad. Se encuentra disponible un equipo de ensayo, en el que se introduce una muestra del fluido a analizar en una célula de ensayo que tiene un recipiente externo eléctricamente conductor dentro del cual se proyecta un electrodo interno eléctricamente conductor. El recipiente externo y el electrodo interno se fabrican usualmente a partir de metal y se fabrican con tolerancias limitadas, y se construyen de tal manera que se mantiene un espacio intermedio de dimensiones específicas entre los mismos, en el que está contenido el fluido. De esta manera, las propiedades eléctricas del fluido pueden determinarse midiendo una tensión y/o corriente entre el recipiente externo y el electrodo interno, dado que se conoce el espesor de la capa de fluido y el volumen de fluido.

15

20

25

Las propiedades eléctricas del fluido pueden medirse a varias temperaturas especificadas calentando la célula de ensayo, usualmente mediante calentamiento inductivo usando una bobina de calentamiento inductivo dispuesta para rodear la célula de ensayo. Usualmente, la capacidad calorífica de la célula de ensayo está dispuesta para que sea lo suficientemente alta como para reducir las fluctuaciones de temperatura de la célula, de modo que la célula se mantenga a una temperatura sustancialmente constante durante una medición. Sin embargo, como resultado de la alta capacidad calorífica de la célula, la célula puede permanecer caliente después de un ensayo por un período prolongado, lo que puede dificultar el manejo seguro de la célula y puede extender el tiempo necesario para realizar ciclos de ensayo de temperatura.

30

35

Es un objeto de la invención abordar al menos algunas de las limitaciones de los sistemas de la técnica anterior.

La solicitud de patente china CN201075092 describe medios para controlar la temperatura y medir la pérdida dieléctrica de aceite aislante que comprende un instrumento que tiene una estructura de tres electrodos y un miembro de control de temperatura, y la solicitud de patente australiana AU6445380 describe una célula de ensayo para su uso en la determinación de las propiedades eléctricas de fluidos, comprendiendo la célula de ensayo un primer y segundo cuerpos de electrodo separados entre los cuales se define un espacio de volumen predeterminado en el que se puede colocar una cantidad predeterminada de fluido a analizar.

40

45

**Sumario**

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de ensayo para analizar una propiedad eléctrica de un fluido, comprendiendo el aparato:

un recipiente eléctricamente conductor para contener el fluido, formando el recipiente eléctricamente conductor un electrodo externo de una célula de ensayo;

un electrodo interno de la célula de ensayo configurado para montarse en relación con el recipiente eléctricamente conductor y para proyectarse en, y permanecer aislado eléctricamente de, el recipiente eléctricamente conductor;

un conjunto de calentamiento inductivo que comprende una bobina de calentamiento inductivo, que rodea el recipiente eléctricamente conductor para calentar el recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno; y

medios de enfriamiento que comprenden un canal de aire a través de una superficie del recipiente eléctricamente conductor.

50

55

60

Una ventaja de proporcionar medios de enfriamiento que comprenden un canal de aire para permitir el paso de aire a través de una superficie del recipiente eléctricamente conductor es que la célula de ensayo puede enfriarse por medio del paso de aire a través del canal de aire, para reducir así el tiempo necesario para que la célula de ensayo se enfríe lo suficiente para un manejo seguro después de un ensayo.

65

En una realización de la invención, el canal de aire se proporciona entre el conjunto de calentamiento inductivo y el recipiente eléctricamente conductor. Esto permite un enfriamiento eficiente del recipiente eléctricamente conductor.

5 En una realización de la invención, el canal de aire se proporciona entre la bobina de calentamiento inductivo y el recipiente eléctricamente conductor.

10 En una realización de la invención, el conjunto de calentamiento inductivo y el recipiente eléctricamente conductor están dispuestos de tal manera que el canal de aire permite el paso de aire a través de al menos parte de la superficie externa del recipiente eléctricamente conductor. Esto permite un enfriamiento eficiente del recipiente eléctricamente conductor.

15 En una realización de la invención, los medios de enfriamiento comprenden un conjunto de ventilador dispuesto para hacer que el aire fluya a través del canal de aire.

Esto permite que un caudal de aire que sea suficiente para producir un efecto de enfriamiento deseado se mantenga a través de un canal de aire estrecho.

20 En una realización de la invención, el canal de aire comprende un espacio de aire de al menos 1 mm entre el conjunto de calentamiento inductivo y el recipiente eléctricamente conductor para la mayor parte de la superficie externa del recipiente eléctricamente conductor.

Esto permite que se mantenga un caudal de aire para producir un efecto de enfriamiento deseado.

25 En una realización de la invención, el espacio de aire está en el intervalo de 2 mm a 4 mm entre el conjunto de calentamiento inductivo y la superficie del recipiente eléctricamente conductor para la mayor parte de la superficie del recipiente eléctricamente conductor.

30 Se ha encontrado que este intervalo de dimensiones del espacio de aire proporciona un enfriamiento particularmente eficaz, sin una degradación significativa del rendimiento de la bobina de calentamiento inductivo.

35 En una realización de la invención, el canal de aire tiene un área de sección transversal sustancialmente constante para la mayor parte de la superficie externa del recipiente eléctricamente conductor en un plano perpendicular a una dirección en la que el aire está dispuesto para fluir.

Esto permite un flujo eficiente de aire de enfriamiento.

40 En una realización de la invención, el recipiente eléctricamente conductor está provisto de protuberancias que sobresalen en el canal de aire.

Esto permite un enfriamiento mejorado del recipiente eléctricamente conductor y, por lo tanto, de la célula de ensayo.

45 En una realización de la invención, las protuberancias son aletas de enfriamiento. Esto permite un enfriamiento efectivo.

En una realización de la invención, las aletas de enfriamiento están dispuestas en espiral. Esto permite un efecto de enfriamiento mejorado.

50 En una realización de la invención, el conjunto de calentamiento inductivo está provisto de protuberancias que sobresalen en el canal de aire.

Esto permite un efecto de enfriamiento mejorado.

55 En una realización de la invención, el recipiente eléctricamente conductor está situado en posición con respecto a la bobina de calentamiento inductivo por un miembro de soporte provisto de aberturas para el paso de aire.

Esto permite la ubicación efectiva del recipiente eléctricamente conductor mientras permite el flujo de aire.

60 En una realización de la invención, el aparato de ensayo comprende un miembro base para soportar la base del recipiente eléctricamente conductor, en el que se proporcionan aberturas para el paso de aire entre el miembro base y el conjunto de calentamiento inductivo.

65 Esto permite la ubicación efectiva del recipiente eléctricamente conductor mientras permite el flujo de aire.

En una realización de la invención, el miembro base está provisto de un conducto de drenaje para drenar el fluido del canal de aire.

5 Esto evita el fluido que puede derramarse cuando se llena la célula de ensayo que se acumula en el canal de aire.

En una realización de la invención, la cara superior del miembro base está provista de un muro de retención para dirigir el fluido desde el canal de aire hacia el conducto de drenaje.

10 Esto dirige el fluido derramado en el canal de aire hacia el conducto de drenaje y evita que el fluido sea transportado en la corriente de aire.

15 En una realización de la invención, la bobina inductiva está dispuesta como una pluralidad de grupos de devanados y se proporciona una primera separación axial entre un primer grupo y un segundo grupo de la pluralidad de grupos de devanados.

20 Esto permite una disposición de bobinas inductivas que está configurada para proporcionar un calentamiento más uniforme del recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno mediante el ajuste de las posiciones del primer y segundo grupo de devanados.

En una realización de la invención, se proporciona una segunda separación axial entre el segundo grupo y un tercer grupo de la pluralidad de grupos de devanados, y la segunda separación es diferente de la primera separación.

25 Esto permite una disposición de bobinas inductivas que está configurada para proporcionar un calentamiento más uniforme del recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno, mediante el ajuste de la posición del tercer grupo de devanados.

30 En una realización de la invención, el tercer grupo de devanados tiene un radio mínimo que es menor que un radio mínimo del segundo grupo de devanados.

35 Esto permite un calentamiento más uniforme del recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno, en particular para calentar secciones del recipiente conductor que tienen un radio reducido, tal como una sección que comprende un solenoide de drenaje.

40 En una realización de la invención, la bobina inductiva está dispuesta como una pluralidad de grupos de devanados, en el que un primer grupo de devanados es contiguo a un segundo grupo de devanados, y el segundo grupo de devanados es contiguo a un tercer grupo de devanados, y en el que el segundo grupo de devanados tiene menos espiras por unidad de longitud en una dirección axial que el segundo o tercer grupo de devanados.

Esto permite un calentamiento más uniforme del recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno.

45 En una realización de la invención, el conjunto de calentamiento inductivo comprende una bobina de calentamiento inductivo adicional, la bobina de calentamiento inductivo adicional se acciona por separado de la bobina de calentamiento inductivo.

50 Esto permite que la bobina de calentamiento inductivo y la bobina de calentamiento inductivo adicional sean accionadas con diferentes señales eléctricas, de modo que los campos producidos por las bobinas respectivas pueden ajustarse para proporcionar un calentamiento más uniforme del recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno.

En una realización de la invención, el fluido es aceite aislante.

55 En una realización de la invención, la propiedad eléctrica es la resistividad.

En una realización de la invención, la propiedad eléctrica es un factor de disipación medido como una tangente de un ángulo entre los componentes capacitivos y resistivos de una corriente que fluye a través del fluido.

60 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para analizar una propiedad eléctrica de un fluido, que comprende:

65       contener el fluido en un recipiente eléctricamente conductor, formando el recipiente eléctricamente conductor un electrodo externo de una célula de ensayo;  
      proporcionar un electrodo interno de la célula de ensayo dispuesto para sobresalir dentro del recipiente

eléctricamente conductor, estando el electrodo interno aislado eléctricamente del recipiente eléctricamente conductor;

calentar el recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno usando un conjunto de calentamiento inductivo que comprende una bobina de calentamiento inductivo, estando dispuesta la bobina de calentamiento inductivo para rodear el recipiente eléctricamente conductor, para calentar la célula de ensayo hasta una temperatura adecuada para analizar el fluido;

medir la propiedad eléctrica del fluido usando el recipiente eléctricamente conductor como un primer electrodo y el electrodo interno como al menos parte de un segundo electrodo; y

después de calentar la célula de ensayo, enfriar la célula de ensayo haciendo que el aire fluya a través de un canal de aire entre el conjunto de calentamiento inductivo y el recipiente eléctricamente conductor.

Esto permite que la célula de ensayo se enfríe por medio del paso de aire a través de una superficie del recipiente eléctricamente conductor, reduciendo así el tiempo necesario para que la célula de ensayo se enfríe lo suficiente para un manejo seguro después de un ensayo.

En una realización de la invención, el procedimiento comprende hacer que el aire fluya a través del canal de aire a una velocidad entre 1 metro por segundo y 10 metros por segundo. Esto permite un enfriamiento efectivo a un nivel de ruido aceptable usando un conjunto de ventilador de enfriamiento. En una realización de la invención, el procedimiento comprende hacer que el aire fluya a través del canal a una velocidad de sustancialmente 4 metros por segundo. Se ha encontrado que esta es una velocidad de aire efectiva para un enfriamiento efectivo.

Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones ejemplares de la invención, que se proporcionan únicamente a modo de ejemplo.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal del aparato de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 2 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal del aparato de acuerdo con una realización de la invención que comprende un ventilador de enfriamiento;

La Figura 3 es un diagrama esquemático de una vista en perspectiva de un miembro de soporte para ubicar un recipiente eléctricamente conductor en posición con respecto a una bobina de calentamiento inductivo, estando provisto el miembro de soporte con aberturas para el paso de aire;

La Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra el flujo de aire a través de un canal de aire provisto en el aparato en una realización de la invención;

La Figura 5 es un diagrama esquemático de una vista en perspectiva del aparato en una realización de la invención;

La Figura 6 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal de una sección del aparato en una realización de la invención que tiene una bobina de calentamiento inductivo dispuesta como cuatro grupos de devanados en los que se proporciona un espacio entre cada grupo;

La Figura 7a es un diagrama esquemático de una vista en perspectiva de un recipiente conductor provisto de protuberancias dispuestas en espiral de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 7b es un diagrama esquemático de una vista en perspectiva de un recipiente conductor provisto de protuberancias dispuestas como aletas de enfriamiento longitudinales de acuerdo con una realización de la invención; y

La Figura 7c es un diagrama esquemático de una vista en perspectiva de un recipiente conductor provisto de protuberancias dispuestas como aletas de enfriamiento circunferenciales de acuerdo con una realización de la invención.

#### **Descripción detallada**

A modo de ejemplo, las realizaciones de la invención se describirán ahora en el contexto de un aparato de ensayo para medir la resistividad, el factor de disipación dieléctrica y/o la permitividad relativa de un aceite aislante, en el que el factor de disipación puede medirse como una tangente de un ángulo entre los componentes capacitivos y resistivos de una corriente que fluye a través del fluido, aplicando una tensión de CA y midiendo la corriente, para dar una medida llamada "Tan Delta". Por ejemplo, las propiedades eléctricas de un fluido se pueden medir de acuerdo con las normas IEC60247, IEC61620, ASTM D924, ASTM D1169, JIS C2101 y/o BS 5737. Se entenderá que las realizaciones de la invención pueden relacionarse con aparatos de ensayo para medir propiedades eléctricas de otros fluidos, y que las realizaciones de la invención no están restringidas a la medición de la resistividad.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de ensayo para analizar una propiedad eléctrica de un fluido de acuerdo con una realización de la invención, en este caso un conjunto de ensayo para medir una o más propiedades eléctricas que incluyen el factor tan delta de un aceite aislante para un transformador. El aparato de ensayo comprende un recipiente eléctricamente conductor 1 para contener el fluido, formando el recipiente

eléctricamente conductor 1 un electrodo externo de una célula de ensayo, y comprende un electrodo interno 2 de la célula de ensayo dispuesto para sobresalir en el recipiente eléctricamente conductor 1. La Figura 1 es una vista en sección transversal, siendo la célula de ensayo sustancialmente simétrica rotacionalmente alrededor de la línea central discontinua. El electrodo interno 2 está aislado eléctricamente del recipiente eléctricamente conductor 1, por ejemplo, por al menos un anillo 11, que puede estar hecho de vidrio. Se puede usar un segundo anillo 23, que también puede estar hecho de vidrio, entre el electrodo interno y el de guarda, y puede tocar el aceite. El uso de dos anillos de vidrio permite que el electrodo de guarda se coloque con precisión con referencia al electrodo externo mediante el primer anillo 11, y el electrodo interno se coloque con precisión con respecto al electrodo de guarda por el segundo anillo 23. De esta manera, el electrodo interno 2 puede montarse y/o ubicarse en relación con el recipiente eléctricamente conductor con alta precisión. El anillo 11 puede estar provisto de un orificio (no mostrado) a través del cual se puede verter un aceite bajo ensayo para llenar la cavidad 8 en la célula de ensayo entre el electrodo interno 2 y el recipiente conductor 1. El anillo 11 se mantiene en su lugar mediante tuerca superior 12, que también puede actuar como un aislante térmico.

Como se muestra en la Figura 1, el aparato de ensayo comprende un conjunto de calentamiento inductivo 3 que tiene una bobina de calentamiento inductivo 4 y un formador de bobina 5, para calentar la célula de ensayo. El formador de bobina es una estructura de soporte mecánico para la bobina de calentamiento inductivo. La bobina de calentamiento inductivo puede enrollarse en el formador de bobina o puede enrollarse en otro lugar y luego colocarse sobre el formador de bobina. Alternativamente, los devanados se pueden encapsular o adherir juntos, en cuyo caso no se necesitará formador de bobinas. La bobina de calentamiento inductivo 4 está dispuesta para rodear el recipiente eléctricamente conductor 1 y para calentar el recipiente eléctricamente conductor 1 y el electrodo interno 2, por inducción de corrientes eléctricas.

Como se muestra en la Figura 1, se proporciona un canal de aire 9 para permitir el paso de aire a través de una superficie del recipiente eléctricamente conductor, para enfriar el recipiente eléctricamente conductor. Esto permite que la célula de ensayo se enfríe por medio del paso de aire a través del canal de aire, lo que reduce el tiempo necesario para que la célula de ensayo se enfríe lo suficiente para un manejo seguro después de un ensayo. El canal de aire 9 puede estar entre el conjunto de calentamiento inductivo 3 y el recipiente eléctricamente conductor 1 como se muestra en la Figura 1 para permitir el paso de aire a través de al menos parte de la superficie externa del recipiente eléctricamente conductor. El canal de aire puede proporcionarse entre el formador de bobina 5 y el conjunto eléctricamente conductor, de modo que el canal de aire y el formador de bobina 5 se encuentren entre la bobina de calentamiento inductivo 4 y el recipiente eléctricamente conductor 1. El uso del formador de bobina 5 es opcional. En una realización de la invención, el canal de aire puede ser un canal en el recipiente eléctricamente conductor.

Como se muestra en la Figura 1, se puede instar a que el aire fluya a través del canal de aire, usualmente de arriba hacia abajo como se muestra. Por ejemplo, se puede instar al aire a fluir debido a la creación de un diferencial de presión desde un depósito de presión más alta a un depósito de presión más baja (los depósitos de aire no se muestran), desde la presión atmosférica a un depósito de presión más baja o desde un depósito de presión más alta a la presión atmosférica. Alternativamente, se puede instar a que el aire fluya de abajo hacia arriba. El flujo de aire usualmente enfría el recipiente conductor y, por conducción, enfría el electrodo interno. Esto reduce el tiempo necesario para que la célula de ensayo se enfríe después de un ensayo y, por lo tanto, reduce el tiempo de espera requerido antes de que un operador pueda manejar la célula de ensayo de manera segura.

Para realizar un ensayo de una propiedad eléctrica del fluido usando un aparato de ensayo de acuerdo con una realización de la invención, el recipiente eléctricamente conductor 1 y el electrodo interno 2 pueden calentarse usando el conjunto de calentamiento inductivo 3 que comprende una bobina de calentamiento inductivo 4, la bobina de calentamiento inductivo 4 está dispuesta para rodear el recipiente eléctricamente conductor 1, para calentar la célula de ensayo a una temperatura adecuada para analizar el fluido. La propiedad eléctrica del fluido se puede medir usando el recipiente eléctricamente conductor 1 como primer electrodo y el electrodo interno 2 como segundo electrodo, o como al menos parte de un segundo electrodo. Se puede usar un electrodo de guarda 10 como parte adicional del segundo electrodo.

El electrodo de guarda 10 puede proporcionarse para reducir los efectos de borde y mejorar la precisión de la medición. Si el electrodo de guarda no estuviera presente, entonces en la parte superior de la célula de ensayo habría una cierta capacitancia entre el electrodo externo, que es el recipiente eléctricamente conductor, y el electrodo interno. La separación constante entre los electrodos generalmente no se mantiene en la parte superior de la célula de ensayo. Por lo tanto, puede haber un efecto de borde que podría tener una influencia significativa en la precisión de la medición, debido a una corriente capacitiva que fluye cerca del borde que sería difícil de cuantificar. Si se proporciona un electrodo de guarda, el electrodo de guarda se mantiene con la misma tensión que el electrodo interno, de modo que no fluya corriente entre el electrodo interno y el electrodo de guarda. Una corriente que fluye entre el electrodo de guarda y el electrodo externo puede desviarse y no se tiene en cuenta durante la medición, evitando así el efecto de borde. Debido a que el potencial entre el interior y el de guarda es el mismo, en la transición entre los dos, la distribución del campo es casi como si el electrodo fuera continuo. Por

lo tanto, la capacitancia se puede medir a través de un espesor constante del aceite entre el recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno. Se puede proporcionar un conjunto de solenoide 7 para que el fluido se pueda drenar después de un ensayo.

5 Por ejemplo, el ensayo de una propiedad eléctrica del fluido puede ser una medición Tan Delta. Posteriormente al calentamiento de la célula de ensayo para realizar el ensayo, la célula de ensayo se puede enfriar haciendo que el aire fluya a través del canal de aire 9 que está dispuesto para permitir el paso de aire a través de una superficie del recipiente eléctricamente conductor 1. Esto puede permitir la célula de ensayo se enfría por medio del paso de aire a través de al menos parte de la superficie externa del recipiente eléctricamente conductor 1.  
10 Esto reduce el tiempo necesario para que la célula de ensayo se enfríe lo suficiente para un manejo seguro después de un ensayo.

La Figura 2 es un diagrama esquemático que muestra una vista en sección transversal simplificada de una realización de la invención, en la que no se muestra la construcción interna de la célula de ensayo 14. Como se puede apreciar, el aparato de ensayo comprende un conjunto de ventilador 15 que está dispuesto para hacer que el aire fluya a través del canal de aire 9. En particular, el conjunto de ventilador está dispuesto para extraer aire del aparato y de ese modo provoca un vacío parcial en una cámara de vacío 16, que está unida a la célula de ensayo 14 por medio del miembro base 17, de modo que el aire es aspirado desde la parte superior del conjunto y a través del canal de aire 9 antes de ser expulsado del aparato a través del conjunto del ventilador 15.  
15

El canal de aire puede formar parte de un "medio de enfriamiento", que puede incluir, por ejemplo, el canal de aire, el conjunto de ventilador y la cámara de vacío. Alternativamente, los medios de enfriamiento pueden incluir el canal de aire y los conductos para conectarse a una fuente externa de aire forzado. El canal de aire permite el paso de aire a través de una superficie del recipiente eléctricamente conductor. La superficie puede ser la superficie externa, o al menos parte de la superficie externa del recipiente eléctricamente conductor. Alternativa o adicionalmente, la superficie puede ser un canal en la pared del recipiente eléctricamente conductor.  
20  
25

Como se muestra en la Figura 2, la célula de ensayo 14 comprende un recipiente eléctricamente conductor y un electrodo interno, que tiene una construcción similar al recipiente eléctricamente conductor 1 y al electrodo interno 2 que se muestran en la Figura 1. Un conjunto de calentamiento inductivo 3 comprende una bobina de calentamiento inductivo y un formador de bobina (no mostrado), que puede, por ejemplo, tener una construcción similar a la bobina de calentamiento inductivo 4 y el formador de bobina 5 mostrado en la Figura 1. Se proporciona un canal de aire 9 entre el conjunto de calentamiento inductivo y la célula de ensayo, que comprende usualmente un espacio de aire entre el formador de bobina y el recipiente eléctricamente conductor 1, de modo que el canal de aire pasa entre la bobina inductiva y el recipiente eléctricamente conductor. Se ha encontrado, para esta y otras realizaciones, que un espacio de aire de al menos 1 mm entre el conjunto de calentamiento inductivo y el recipiente eléctricamente conductor para la mayor parte de la superficie externa del recipiente eléctricamente conductor puede ser beneficioso para producir un efecto de enfriamiento deseado, y se ha encontrado que un espacio de aire en el intervalo de 2 mm a 4 mm entre el conjunto de calentamiento inductivo y la superficie del recipiente eléctricamente conductor para la mayor parte de la superficie del recipiente eléctricamente conductor que define el canal de aire, por ejemplo, para más del 90% de la superficie del recipiente eléctricamente conductor que define el canal de aire proporciona un enfriamiento particularmente eficaz, sin una degradación significativa del rendimiento de la bobina de calentamiento inductivo. También se puede proporcionar un espacio de aire más grande, potencialmente se puede proporcionar un espacio de 6 mm, 8 mm, 10 mm o más.  
30  
35  
40  
45

El canal de aire puede tener un área de sección transversal sustancialmente constante en un plano perpendicular a una dirección en la que el aire está dispuesto a fluir. Con referencia a la vista en sección transversal de la Figura 2, que es de una realización en la que la célula de ensayo y el conjunto de calentamiento inductivo son sustancial y rotacionalmente simétricos, se puede apreciar que el canal de aire tiene un espacio de aire más grande en la sección transversal en la sección hacia la parte inferior de la Figura 2 en la que se reduce el radio de la célula de ensayo. De esta manera, el área en sección transversal, como se puede expresar, por ejemplo, en milímetros cuadrados, se puede mantener sustancialmente igual que en la sección hacia la parte superior de la Figura 2 en la que el radio de la célula de ensayo es mayor. La provisión de un área de sección transversal sustancialmente constante permite un flujo eficiente de aire de enfriamiento, manteniendo una velocidad de aire sustancialmente constante sobre el cuerpo de la célula de ensayo. Se ha encontrado que una velocidad del aire entre 1 metro por segundo y 10 metros por segundo, y en particular una velocidad del aire de 4 metros por segundo (m/s), proporciona un buen rendimiento de enfriamiento a un nivel de ruido aceptable.  
50  
55

El recipiente eléctricamente conductor puede estar soportado en posición con respecto a la bobina de calentamiento inductivo por un miembro de soporte 13 provisto de aberturas para el paso de aire. Como se muestra en la Figura 2, un miembro de soporte 13 puede soportar la célula de ensayo 14, que comprende el recipiente eléctricamente conductor, en posición con respecto al conjunto de calentamiento inductivo, 3, mediante soporte de la tuerca superior 12. El soporte 13 puede estar en contacto directo con la tuerca 12 o con el electrodo externo 1, por ejemplo. Alternativa o adicionalmente, la célula puede ser soportada desde la parte  
60  
65

inferior, en la región adyacente al solenoide 7. En este caso, puede no ser necesario un soporte en la parte superior de la célula de ensayo para soportar el peso de la célula, y de alguna forma de separador puede proporcionarse para mantener la célula en posición vertical y para mantener el mismo espacio intermedio en cada lado entre la célula y el conjunto de calentamiento inductivo.

5

La Figura 3 es un diagrama esquemático que muestra una vista en perspectiva del miembro de soporte 13, que muestra las aberturas 22 para el paso de aire. En realizaciones alternativas, puede haber más o menos aberturas proporcionadas que las mostradas en la Figura 3.

10

Volviendo de nuevo a la Figura 2, se puede apreciar que el aparato de ensayo puede comprender un miembro base 17 para soportar la base del recipiente eléctricamente conductor, que forma la base de la célula de ensayo 14. Las aberturas para el paso de aire desde los canales de aire 9 se proporcionan entre el miembro base 17 y el conjunto de calentamiento inductivo 3, lo que permite un soporte efectivo del recipiente eléctricamente conductor mientras permite el flujo de aire hacia la cámara de vacío 16. En una realización de la invención, puede no haber contacto entre el miembro base 17 y el conjunto de calentamiento inductivo 3. La cámara de vacío 16 puede hacer contacto con el conjunto de calentamiento inductivo 3. La cara superior del miembro base 17 está provista de un muro de retención 18 para dirigir el fluido desde el canal de aire a un conducto de drenaje, de modo que cualquier fluido derramado en el canal de aire se dirija hacia el conducto de drenaje. Esto puede evitar que el fluido sea transportado en la corriente de aire.

15

20

La Figura 4 ilustra la dirección del flujo de aire a través del canal de aire de la Figura 3. Se muestran ejemplos de trayectorias 20 del flujo de aire a través del canal de aire.

25

La Figura 5 muestra una vista en perspectiva del aparato de ensayo en una realización de la invención. La realización de la Figura 5, en común con la de la Figura 2, tiene un conjunto de ventilador 15 y una cámara de vacío 16, la cámara de vacío tiene una forma algo diferente como se muestra en la Figura 5 que la que se muestra en la Figura 2, pero tiene una función similar. En la vista en perspectiva de la Figura 5, se puede apreciar que una parte superior del electrodo interno 2 y el electrodo de guarda 10 son visibles. Un miembro de soporte retiene el conjunto de calentamiento inductivo en relación correcta con la célula de ensayo. Como se puede apreciar en la Figura 5, el conjunto de calentamiento inductivo tiene una bobina inductiva 4a, 4b dispuesta como dos grupos de devanados. En este ejemplo, se proporciona una primera separación axial entre el primer grupo 4a y el segundo grupo 4b, que proporciona un calentamiento inductivo más uniforme del recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno que el que puede proporcionar una bobina inductiva dispuesta como un solo grupo continuo de devanados. Si se proporciona un canal de aire entre la bobina inductiva y el recipiente eléctricamente conductor, entonces el efecto de calentamiento no uniforme puede exacerbarse. La disposición de la bobina inductiva como dos o más grupos separados de devanados se espera que mitigue este efecto. Las posiciones de los grupos de devanados pueden ajustarse para proporcionar una uniformidad mejorada del efecto de calentamiento inductivo.

30

35

40

La Figura 6 es un diagrama esquemático que muestra una vista en sección transversal de una sección del aparato de ensayo de acuerdo con una realización de la invención, en la que la bobina inductiva 4c, 4d, 4e, 4f se proporciona como cuatro grupos separados de devanados. Se proporciona una primera separación axial entre el primer grupo 4c y el segundo grupo 4d, y se proporciona una segunda separación axial entre el segundo grupo 4d y un tercer grupo 4e, en el que la segunda separación puede ser diferente de la primera separación. Se espera que este uso de 3 o más grupos de devanados proporcione una uniformidad de calentamiento mejorada en comparación con el uso de solo uno o dos grupos. La posición de cada bobina se configura en relación con la célula de ensayo para proporcionar una uniformidad de calentamiento mejorada. La uniformidad del calentamiento puede analizarse, por ejemplo, colocando termopares en el fluido.

45

50

Como se ilustra en la Figura 6, un cuarto grupo de devanados 4f tiene un radio mínimo que es menor que un radio mínimo del segundo grupo de devanados 4d, lo que permite un calentamiento más uniforme del recipiente eléctricamente conductor y del electrodo interno, en particular para calentar secciones del recipiente conductor que tiene un radio reducido, tal como una sección que comprende un solenoide de drenaje. En el ejemplo de la Figura 6, la separación axial entre el cuarto grupo de devanados 4f y el tercer grupo de devanados 4e es diferente de la separación axial entre el segundo grupo de devanados 4d y el tercer grupo de devanados 4e. Los grupos respectivos de devanados pueden ser de diferentes espesores, es decir, tener diferentes números de espiras por unidad de longitud.

55

60

En una realización de la invención, como alternativa a la disposición de la Figura 6, la bobina inductiva puede estar dispuesta como grupos de devanados contiguos de diferentes espesores, es decir que tienen diferentes números de espiras por unidad de longitud. Un primer grupo de devanados puede ser contiguo a un segundo grupo de devanados, y el segundo grupo de devanados puede ser contiguo a un tercer grupo de devanados. El segundo grupo de devanados puede tener menos o más espiras por unidad de longitud en una dirección axial que el segundo o tercer grupo de devanados. Este es un procedimiento alternativo que puede permitir un calentamiento uniforme del recipiente eléctricamente conductor y del electrodo interno.

65



Además de la bobina de calentamiento inductivo, que puede comprender varios grupos de devanados conectados entre sí, el conjunto de calentamiento inductivo puede comprender otra bobina de calentamiento inductivo que se acciona por separado de la bobina de calentamiento inductivo. Esto permite que la bobina de calentamiento inductivo y la bobina de calentamiento inductivo adicional sean accionadas con diferentes señales eléctricas, de modo que los campos producidos por las bobinas respectivas puedan ajustarse para proporcionar un calentamiento más uniforme del recipiente eléctricamente conductor y el electrodo interno.

Como se muestra en las Figuras 7a, 7b y 7c, el recipiente eléctricamente conductor puede estar provisto de protuberancias que sobresalen en el canal de aire, que pueden actuar como aletas de enfriamiento, permitiendo un enfriamiento mejorado del recipiente eléctricamente conductor y de la célula de ensayo. Como se muestra en la Figura 7a, las aletas de enfriamiento 21a pueden estar dispuestas en espiral, sobresaliendo del recipiente eléctricamente conductor 1a, o, como se muestra en la Figura 7b, las aletas de enfriamiento 21b pueden estar dispuestas longitudinalmente, sobresaliendo del recipiente eléctricamente conductor 1b, o, como se muestra en la Figura 7c, las aletas de enfriamiento 21c pueden estar dispuestas circunferencialmente, sobresaliendo del recipiente eléctricamente conductor 1c. En cada caso, el efecto de enfriamiento del paso de aire puede mejorarse en comparación con el que puede resultar del uso de un recipiente eléctricamente conductor sin protuberancias, al aumentar el área de la superficie y al alterar el flujo de aire, por ejemplo, para provocar un flujo turbulento.

Como alternativa o adicionalmente para proporcionar protuberancias en el recipiente eléctricamente conductor, el conjunto de calentamiento inductivo puede estar provisto de protuberancias que sobresalen en el canal de aire. Esto proporciona control del flujo de aire, por ejemplo, para dar un efecto turbulento.

Se han descrito realizaciones de la invención en el contexto de equipos especializados de medición y ensayo para medir resistividad eléctrica, factor tan delta y/o permitividad de aceite de transformador mediante la aplicación de tensión de CA y/o CC y medición de corriente, desde lo cual se puede derivar la propiedad eléctrica del aceite. El aceite bajo ensayo se coloca en una célula de ensayo que comprende varios componentes que realizan diferentes tareas. El electrodo externo está formado por un recipiente eléctricamente conductor, al que se puede aplicar una alta tensión, por ejemplo, de hasta 2000 V. El electrodo externo también sirve como recipiente para el aceite y como soporte para otras partes. El electrodo externo, que también se puede denominar célula externa, puede estar en contacto mecánico con el resto del instrumento de ensayo. El electrodo interno puede estar usualmente conectado a tierra. Su tamaño puede ser tal que haya un espacio de aproximadamente 2 mm entre el electrodo interno y el externo. Por lo tanto, generalmente tiene una masa bastante grande y puede haber una conexión térmica directa limitada con el mundo exterior. Puede haber un orificio perforado dentro del electrodo interno para insertar un termómetro para medir la temperatura del aceite, suponiendo que durante la medición el electrodo externo, el aceite y el electrodo interno estén en equilibrio térmico. El aceite bajo ensayo puede llenar el espacio entre el electrodo interno y externo, de modo que el sistema de aceite interior-exterior forme un condensador eléctrico. Al aplicar tensión a este condensador y medir la corriente que fluye a través del mismo, se puede derivar la resistividad del aceite. Si se usa tensión de CA, entonces hay un cambio de fase entre los componentes capacitivos y resistivos de la corriente. Este cambio de fase se puede medir como un ángulo ( $\delta$ ) y la tangente de este ángulo es proporcional a la resistividad, de ahí la expresión "Tan Delta". El calentamiento por inducción se genera al conducir la corriente hacia la bobina, también conocida como bobina de calentamiento inductivo, por ejemplo, una corriente alterna de aproximadamente 2 A a aproximadamente 1,5 kHz, impulsada por una tensión de CA de aproximadamente 600 V. La bobina puede enrollarse en un formador de bobina. En la técnica anterior, el espacio intermedio entre el electrodo externo y el formador de bobina es inexistente o muy pequeño, lo que no permite el paso de aire. Esto se debe a que, para mejorar la eficiencia del calentamiento, la bobina debe estar lo más cerca posible del objeto calentado.

El electrodo de guarda 10, como se muestra en la Figura 1, puede reducir los efectos de borde para mejorar la precisión de la medición. El anillo 11 o anillos pueden mantener la concetricidad del electrodo interno y externo, lo cual es importante para la precisión de la medición. El anillo o anillos pueden estar hechos con alta precisión de vidrio y pueden determinar el posicionamiento entre las diversas partes de la célula de ensayo. El aceite se puede verter desde la parte superior y pasar a través del anillo para llenar la célula de ensayo. Se puede perforar un orificio en el vidrio, lo que puede ser una operación de fabricación difícil, para reducir el tamaño y el recuento de componentes. Se puede proporcionar un solenoide en la parte inferior de la célula, de modo que cuando se active, se pueda abrir una válvula y se pueda drenar el aceite.

El calentamiento por inducción se usa para inducir corrientes parásitas simultáneamente en los electrodos externo e interno de modo que ambos electrodos se calienten de una manera mucho más uniforme y mucho más rápida que la que podría lograrse calentando solo el electrodo externo. El calentamiento desde la temperatura ambiente a 90°, que es una típica temperatura de ensayo, se puede lograr en menos de 15 minutos. Después de realizar el ensayo, es posible que se requiera que la célula de ensayo se enfríe. Esto puede ser, por ejemplo, para la eliminación de la célula para su limpieza, o para otro ensayo a una temperatura más baja. En

realizaciones de la invención, se puede soplar aire alrededor del electrodo externo para acelerar la extracción de calor de la célula interna. Esto crea una mayor diferencia térmica entre el electrodo externo e interno y el calor se escapa más rápidamente que en condiciones sin ayuda. Las simulaciones y las mediciones muestran que el tiempo de enfriamiento puede reducirse significativamente, en un factor de aproximadamente 3, en comparación con el enfriamiento convencional sin el paso de aire entre el electrodo externo y la bobina de calentamiento inductivo. Por ejemplo, si la temperatura de manipulación segura es de 50°, para evitar quemaduras en las manos del operador, el "tiempo de manipulación segura" puede reducirse de 80 min a 30 min. Se ha encontrado que el uso de aire forzado con una velocidad de 1,5 m/s o mayor reduce significativamente el tiempo de enfriamiento, por ejemplo, en la realización de la Figura 2, en la cual la célula de ensayo está montada en una caja de vacío con un ventilador. El ventilador extrae el aire de la caja creando una baja presión. La baja presión aspira el aire desde la parte superior de la célula a través del canal de aire cilíndrico creado por el espacio intermedio.

La bobina de inducción está diseñada convencionalmente para colocarse cerca del objeto calentado, pero en las realizaciones de la invención, se ha tomado el paso contraintuitivo de alejar la bobina del objeto calentado para acomodar el espacio de aire cilíndrico para enfriamiento. Se ha descubierto que la eficiencia de calentamiento solo empeora ligeramente por el espacio de aire, por lo que aún es aceptable. La bobina de inducción utilizada en los sistemas de la técnica anterior es una sola bobina continua. Sin embargo, la bobina continua utilizada en la técnica anterior tiene una deficiencia de que la distribución de temperatura no sea uniforme a lo largo de la superficie del aceite en la célula de ensayo. El efecto podría verse exacerbado por el hecho de que con el espacio de enfriamiento la bobina está más lejos del objeto calentado. Por lo tanto, para mejorar la distribución de la temperatura, se puede usar una bobina de varias partes, como se ilustra en la Figura 6, cuyas bobinas parciales, también conocidas como grupos de devanados, están todas conectadas en serie para facilitar el accionamiento.

Una característica que se ha encontrado que ayuda a la separación del fluido del aire de enfriamiento es el "pliegue" en el flujo de aire 20, como se muestra en la Figura 4. Esto es causado por medio del paso de aire sobre el muro de retención 18 que se muestra en la Figura 2. La dirección del flujo de aire se desvía más de 90 grados antes de volver sustancialmente a la dirección original.

El solenoide 7, como se muestra en la Figura 1, puede abrir una válvula que drena el aceite de la célula de ensayo, que descansa sobre la base, también conocida como el miembro base 17, como se muestra en la Figura 2, y la conexión mecánica puede no ser completamente hermética al aceite. Además, el aceite puede derramarse desde la parte superior cuando la célula se llena a través de los embudos superiores (no mostrados). Por lo tanto, se puede prever que el aceite fluya con seguridad fuera del canal de enfriamiento. El "pliegue" en el diseño permitirá que el aire fluya, pero cualquier aceite goteará sobre la base y será drenado a través de la válvula. Además, para mejorar el flujo de aire alrededor del fondo de la célula, la forma del recipiente eléctricamente conductor es redondeada, en contraste con las células de ensayo de la técnica anterior que usualmente tienen una base plana. Como se puede apreciar en la Figura 2, la sección transversal del espacio cilíndrico puede mantenerse en puntos a lo largo del espacio de enfriamiento. Por ejemplo, se puede apreciar que a medida que la parte inferior de la célula de ensayo 14 se estrecha, la diferencia entre los diámetros interno y externo del espacio aumenta, de modo que el área efectiva de la sección transversal es la misma para que el aire fluya. El área constante se puede lograr también debido a la forma del miembro de soporte 13 en la Figura 2, que soporta mecánicamente la célula de ensayo, mientras proporciona un paso para el aire. El miembro de soporte 13 puede tener la forma de una corona, como se ilustra en la Figura 3, de modo que las partes elevadas soporten la célula, pero entre las partes elevadas hay canales 22 para el paso de aire.

En una realización alternativa de la invención, se pueden proporcionar aberturas en el formador de bobina, para permitir que el aire pase a través de la célula de prueba de manera horizontal, con un ventilador colocado en el costado de la célula, en lugar de verticalmente como se muestra para ejemplo en la Figura 2.

Las realizaciones anteriores deben entenderse como ejemplos ilustrativos de la invención. Debe entenderse que cualquier característica descrita en relación con cualquier realización se puede usar sola o en combinación con otras características descritas, y también se puede usar en combinación con una o más características de cualquier otra de las realizaciones, o cualquier combinación de cualquier otra de las realizaciones. Además, los equivalentes y modificaciones no descritos anteriormente también pueden emplearse sin apartarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de ensayo para analizar una propiedad eléctrica de un fluido, comprendiendo el aparato:
  - 5 un recipiente eléctricamente conductor (1) para contener el fluido, formando el recipiente eléctricamente conductor (1) un electrodo externo de una célula de ensayo (14); un electrodo interno (2) de la célula de ensayo que sobresale en, y está aislado eléctricamente de, el recipiente eléctricamente conductor (1);
  - 10 un conjunto de calentamiento inductivo (3) que comprende una bobina de calentamiento inductivo (4), que rodea el recipiente eléctricamente conductor (1), para calentar el recipiente eléctricamente conductor (1) y el electrodo interno (2); y
  - medios de enfriamiento que comprenden un canal de aire (9) entre el conjunto de calentamiento inductivo (3) y el recipiente eléctricamente conductor (1).
- 15 2. Aparato de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el canal de aire (9) está provisto entre la bobina de calentamiento inductivo (4) y el recipiente eléctricamente conductor (1).
3. Aparato de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el conjunto de calentamiento inductivo (3) y el recipiente eléctricamente conductor (1) están dispuestos de manera que el
  - 20 canal de aire (9) permite el paso de aire a través de al menos parte de la superficie externa del recipiente eléctricamente conductor (1).
4. Aparato de ensayo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que los medios de enfriamiento comprenden un conjunto de ventilador (15) que está dispuesto para hacer que el aire fluya a
  - 25 través del canal de aire (9).
5. Aparato de ensayo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el canal de aire (9) tiene un área de sección transversal sustancialmente constante.
- 30 6. Aparato de ensayo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el recipiente eléctricamente conductor (1) está provisto de protuberancias que sobresalen en el canal de aire (9).
7. Aparato de ensayo de acuerdo con la reivindicación 6, en el que las protuberancias son aletas de enfriamiento (21).
  - 35
8. Aparato de ensayo de acuerdo con la reivindicación 7, en el que las aletas de enfriamiento están dispuestas en espiral alrededor del recipiente eléctricamente conductor.
9. Aparato de ensayo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el conjunto de calentamiento inductivo (3) está provisto de protuberancias que sobresalen en el canal de aire (9).
  - 40
10. Aparato de ensayo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende un miembro base (17) para soportar el recipiente eléctricamente conductor (1), en el que se proporcionan aberturas para el
  - 45 paso de aire entre el miembro base (17) y el conjunto de calentamiento inductivo (3), y en el que una cara superior del miembro base (17) está provista de un muro de retención (18) para dirigir el fluido desde el canal de aire (9) hacia un conducto de drenaje.
11. Aparato de ensayo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la bobina inductiva (4) comprende al menos un primer grupo de devanados (4a) y un segundo grupo de devanados (4b), en el que
  - 50 se proporciona una primera separación axial entre el primer grupo y el segundo grupo.
12. Aparato de ensayo de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la bobina inductiva (4) además comprende un tercer grupo de devanados, en el que se proporciona una segunda separación axial entre el
  - 55 segundo grupo y el tercer grupo, siendo la segunda separación axial diferente de la primera separación axial, y en el que el tercer grupo de devanados tiene un radio mínimo que es menor que un radio mínimo del segundo grupo de devanados.
13. Aparato de ensayo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la bobina inductiva (4) está dispuesta como una pluralidad de grupos de devanados, en el que un primer grupo de devanados es
  - 60 contiguo a un segundo grupo de devanados, y el segundo grupo de devanados es contiguo a un tercer grupo de devanados, y
  - en el que el segundo grupo de devanados tiene menos espiras por unidad de longitud en una dirección axial que el primer o tercer grupo de devanados.

65

14. Aparato de ensayo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el conjunto de calentamiento inductivo (3) comprende una bobina de calentamiento inductivo adicional, siendo controlable la bobina de calentamiento inductivo adicional de manera sustancialmente independiente de la bobina de calentamiento inductivo (4) mencionada en primer lugar.

5

15. Un procedimiento de análisis de una propiedad eléctrica de un fluido, que comprende:

introducir una cantidad de fluido a analizar en un recipiente eléctricamente conductor (1), formando el recipiente eléctricamente conductor (1) un electrodo externo de una célula de ensayo (14);

10

montar en relación con el recipiente eléctricamente conductor (1) un electrodo interno (2) de la célula de ensayo (14), para proyectarse en, y permanecer eléctricamente aislado de, el recipiente eléctricamente conductor (1);

15

calentar el recipiente eléctricamente conductor (1) y el electrodo interno (2) usando un conjunto de calentamiento inductivo (3) que comprende una bobina de calentamiento inductivo (4), que rodea el recipiente eléctricamente conductor (1), para calentar de este modo la célula de ensayo (14) hasta una temperatura adecuada para analizar el fluido;

20

medir la propiedad eléctrica del fluido usando el recipiente eléctricamente conductor (1) como un primer electrodo y el electrodo interno (2) como al menos parte de un segundo electrodo; y después de calentar la célula de ensayo (14), enfriar la célula de ensayo (14) haciendo que el aire fluya a través de un canal de aire (9) entre el conjunto de calentamiento inductivo (3) y el recipiente eléctricamente conductor (1).

25

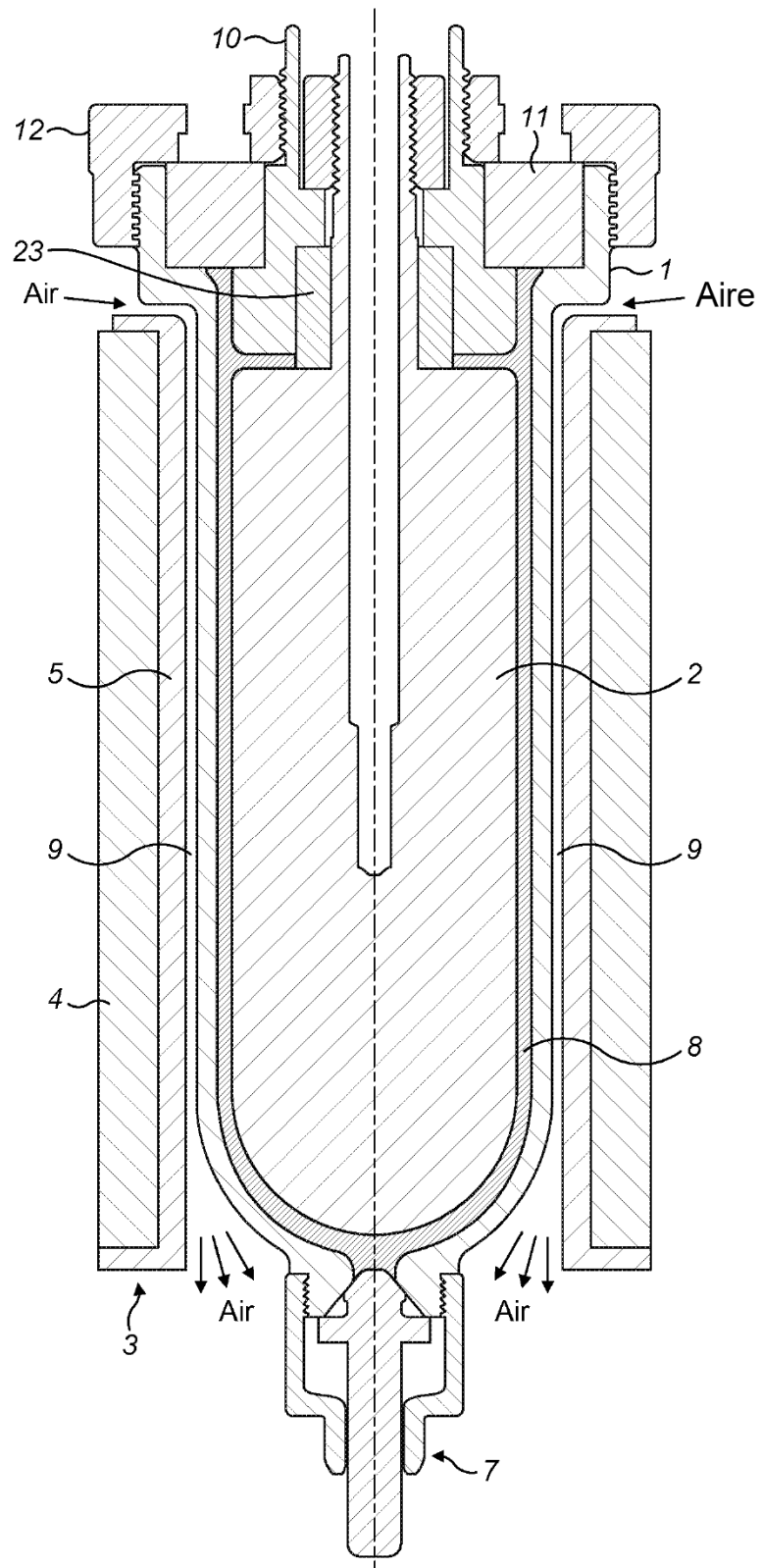
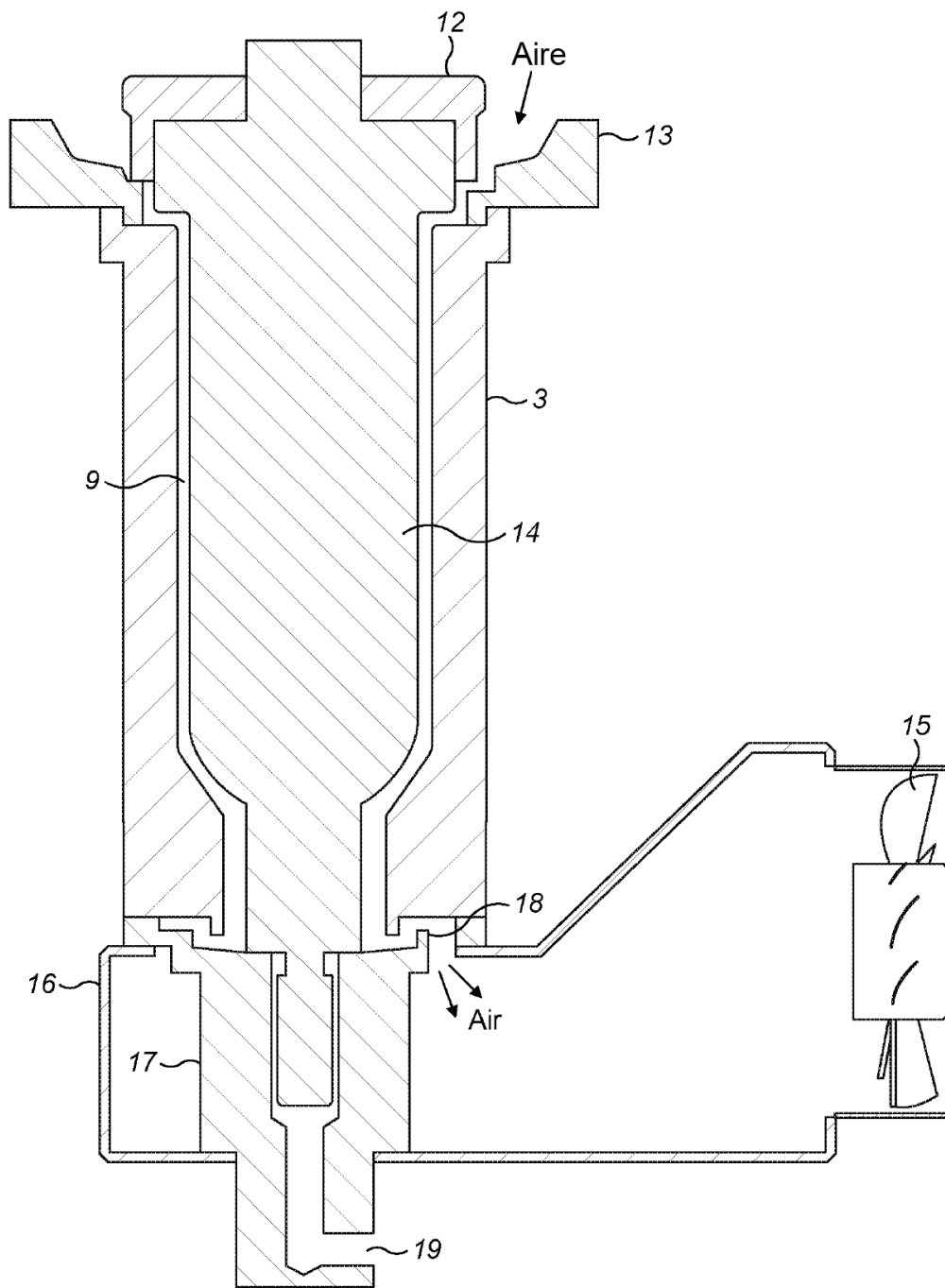
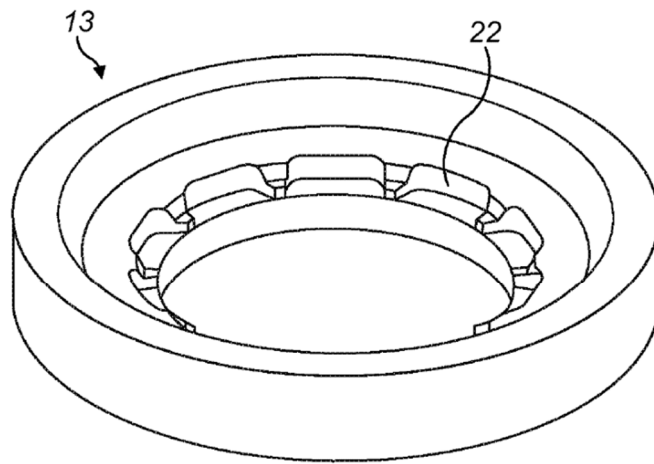


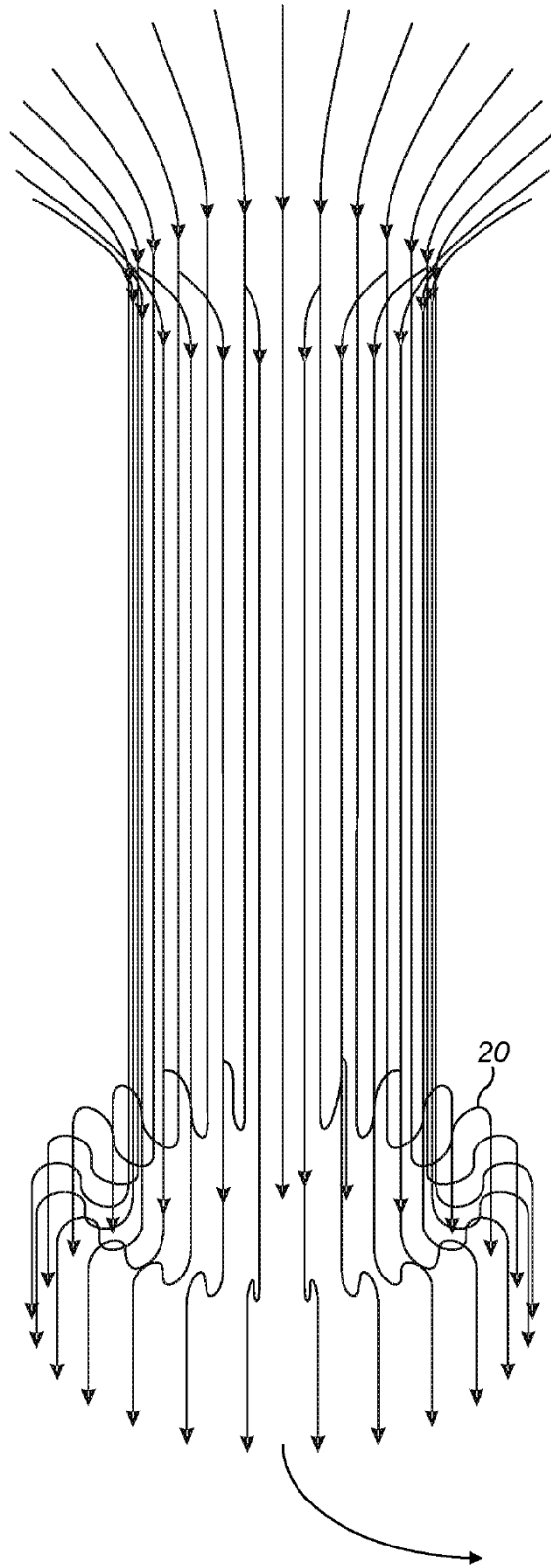
FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**



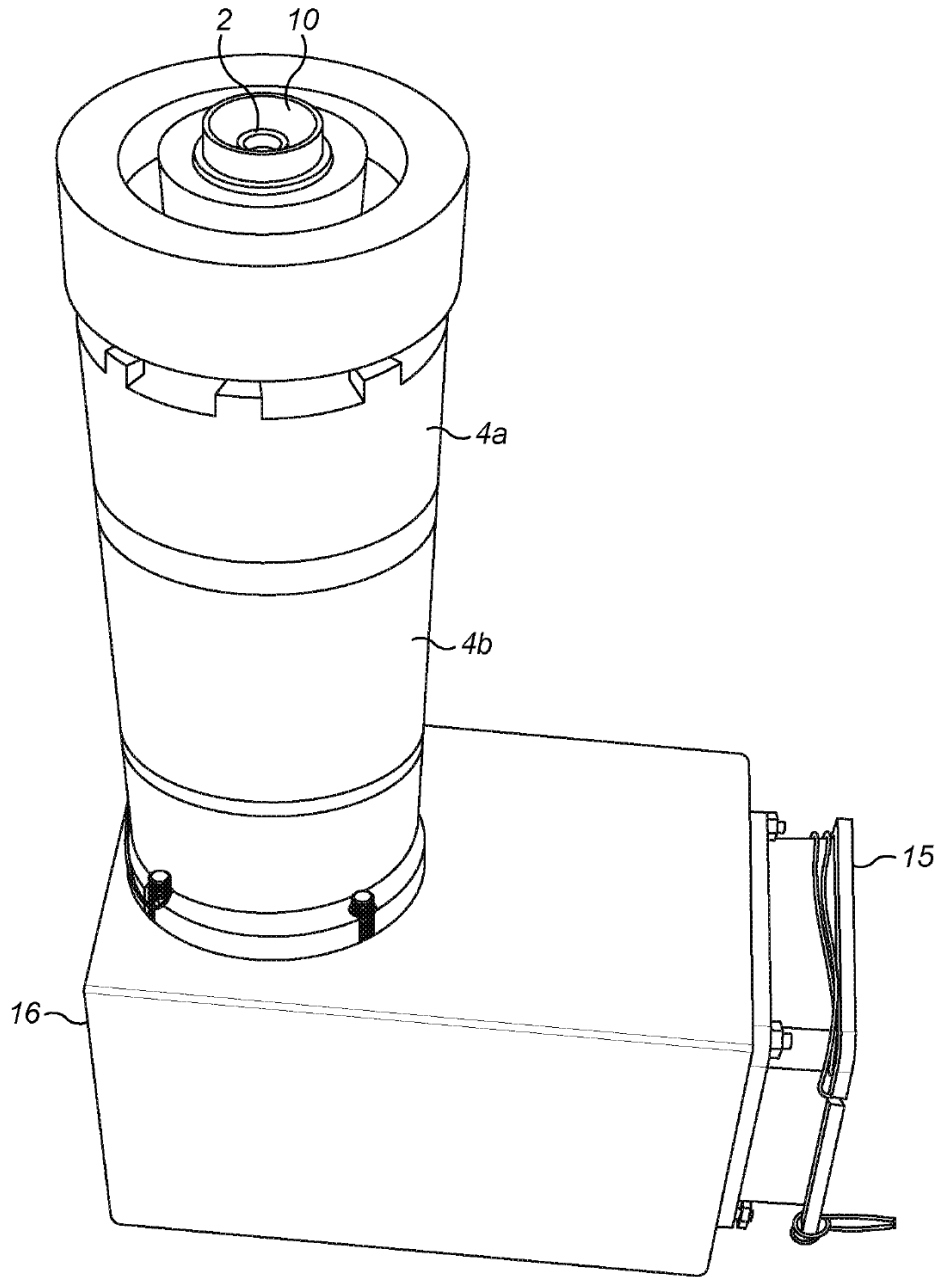
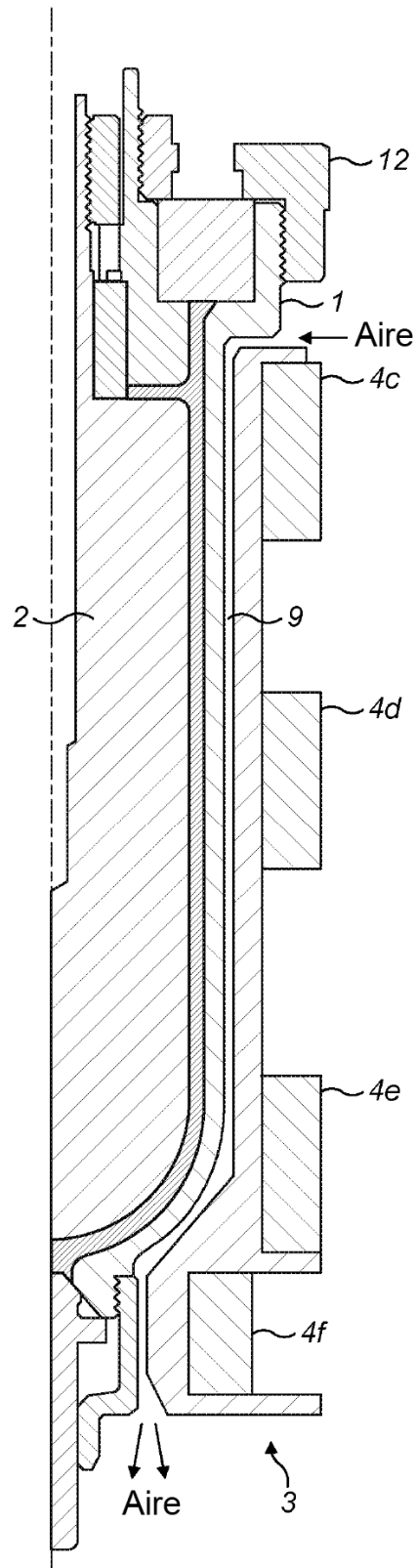
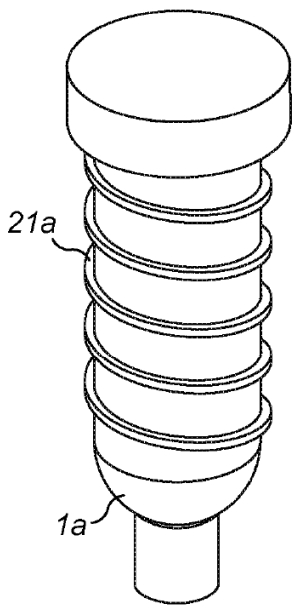


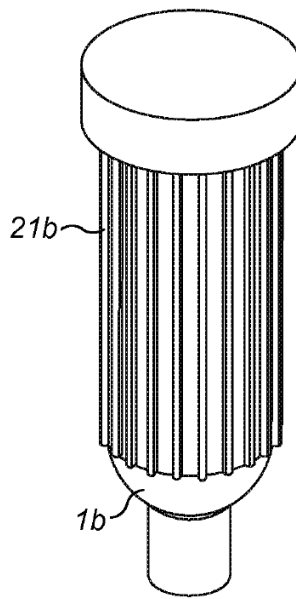
FIG. 5



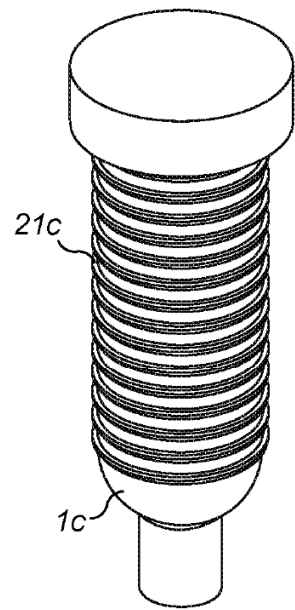
**FIG. 6**



**FIG. 7a**



**FIG. 7b**



**FIG. 7c**