

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 467**

51 Int. Cl.:

H01F 27/14 (2006.01)
H02H 7/04 (2006.01)
H02H 5/08 (2006.01)
H02H 5/04 (2006.01)
G01M 3/02 (2006.01)
G01F 23/00 (2006.01)
G01F 23/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2010 PCT/BR2010/000422**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2011 WO11079357**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2010 E 10840233 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 2519957**

54 Título: **Sistema para monitorizar el nivel de aceite y detectar fugas en transformadores de energía, reactores, transformadores de corriente y potencial, aisladores de alta tensión y similares**

30 Prioridad:

30.12.2009 US 649741

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2017

73 Titular/es:

**SANTOS, EDUARDO PEDROSA (100.0%)
Praça Claudino Alves, 141 - Centro
CEP-12940-800 Atibaia - SP, BR**

72 Inventor/es:

SANTOS, EDUARDO PEDROSA

74 Agente/Representante:

ALBERTO, Paz Espuche

ES 2 643 467 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 para monitorizar el nivel de aceite y detectar fugas en transformadores de energía, reactores, transformadores de corriente y potencial, aisladores de alta tensión y similares

5

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un sistema y un método para monitorizar el nivel de aceite y detectar fugas de aceite en un recipiente lleno de aceite de equipo de energía eléctrica, tal como transformadores de energía, reactores, transformadores de corriente y potencial, aisladores de alta tensión y similares, concretamente a un sistema y un método que usan sensores y otros componentes electrónicos para medir y monitorizar, en tiempo real, transformadores y equipo similar lleno con aceite de aislamiento con mayor precisión y sin necesidad de flotadores u otras piezas mecánicas móviles, a la vez que también presentan innumerables prestaciones en lo que se refiere hacer que la monitorización del nivel sea más fiable y segura, destacando los cálculos de error de nivel, una alarma cuando se detectan fugas de aceite, o cuando se detecta aceite en exceso durante el proceso de llenado del equipo y el cálculo de tendencias de evolución para los niveles, entre otras prestaciones.

10

15

BREVE INTRODUCCIÓN

Los transformadores de energía y los reactores son piezas del equipo ampliamente usado en sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica de tensión media, alta y extra alta. Estos dispositivos se usan frecuentemente para el aislamiento y la eliminación de calor de algún tipo de aceite, que puede ser mineral (subproducto de petróleo), vegetal (de soja, girasol u otro) o silicio, por ejemplo.

20

Los transformadores y reactores tienen bobinas de cobre que están envueltas en papel. Toda la parte activa (comprendida por un núcleo y espiras) está sumergida en aceite de aislamiento para impregnar el papel y garantizar así el aislamiento eléctrico del conjunto, y para enfriar las bobinas con el aceite que circula en los radiadores térmicos.

25

Por tanto, para el funcionamiento seguro del equipo, es esencial que la parte activa esté sumergida permanentemente en aceite de aislamiento. Sin embargo, las variaciones de temperatura durante el funcionamiento del equipo debido a variaciones en la temperatura ambiental y el calentamiento producido por la corriente eléctrica, hacen que el aceite se dilate y se contraiga, haciendo así que su volumen varíe y aumentando y reduciendo el nivel de aceite.

30

35

Con el fin de garantizar que la parte activa esté sumergida permanentemente en aceite de aislamiento durante todas las condiciones de funcionamiento, el transformador o reactor está equipado con un tanque de expansión de aceite, también denominado tanque de conservación, instalado encima del tanque principal del equipo y conectado a él mediante tuberías. La función del tanque de conservación es proporcionar espacio para que el nivel de aceite varíe en su interior, que sube con los aumentos en la temperatura y que baja con las disminuciones. El volumen del tanque de conservación se calcula de manera que el tanque principal, donde está ubicada la parte activa, siempre esté completamente lleno de aceite, incluso a las temperaturas más bajas, y que el aceite nunca se desborde, ni siquiera a las temperaturas más altas esperadas.

40

Por tanto, dada la importancia del nivel de aceite para el funcionamiento seguro del equipo, es necesario medirlo continuamente con el fin de detectar fácilmente cualquier nivel inferior a las tolerancias mínimas, evitando así un cortocircuito debido a falta de aceite en la parte activa, y para advertir de la contaminación del entorno con aceite debido a una posible fuga. Asimismo, la medición del nivel de aceite permite detectar niveles superiores a los esperados debido al llenado del equipo con aceite en exceso; por ejemplo, advirtiendo de riesgos de desbordamiento y contaminación del entorno.

45

50

En los transformadores y reactores actuales, el tanque de expansión también está equipado con una bolsa o membrana de caucho que impide el contacto directo del aceite con el aire; sin embargo, sin impedir cualquier variación en el nivel de aceite, puesto que la bolsa o membrana es flexible, subiendo y bajando según el nivel de aceite. La parte superior de la bolsa o membrana de caucho está en contacto con el entorno externo a través de tuberías de aire y de un mecanismo de deshumidificación de aire. Esto evita la presión o el vacío en el tanque del equipo debido a expansión o contracción del aceite.

55

ESTADO DE LA TÉCNICA

En el estado de la técnica actual, el sistema de medición del nivel de aceite comprende un indicador del nivel de aceite que funciona usando un flotador ubicado en la parte inferior de la bolsa o membrana de caucho, de modo que el flotador sube y baja acompañando al movimiento de la bolsa o membrana, que a su vez acompaña al aumento o la reducción en el nivel de aceite. El flotador está acoplado a un indicador del nivel de aceite mediante una varilla

60

que mueve un mecanismo, que a su vez activa la aguja indicadora, indicando el nivel de aceite actual en una escala graduada.

Esta disposición puede observarse por ejemplo en las patentes estadounidenses 7.191.648 y 6.708.562.

Cuando el nivel de aceite alcanza condiciones críticas, tales como niveles bajos, muy bajos, altos o muy altos, el movimiento del mecanismo cierra uno o más contactos eléctricos, que se usan para activar una alarma visual o sonora en la sala de control de la instalación.

El estado de la técnica para el sistema de indicación del nivel de aceite presenta algunas desventajas observadas en la práctica, que son:

dado que es un sistema activado mecánicamente, está sujeto a fallos mecánicos tales como obstrucción del mecanismo;

con el fin de impedir fallos mecánicos, es necesario realizar un mantenimiento preventivo para la lubricación, por ejemplo;

con el movimiento hacia arriba y hacia abajo del nivel de aceite, el caucho de la bolsa o membrana puede presentar ondulaciones o pliegues en los que puede quedar atrapado el flotador, lo que conduce a una indicación imprecisa del nivel de aceite;

en casos extremos, el hecho descrito anteriormente puede hacer que el flotador y/o su varilla perforen la bolsa o membrana, poniendo el aceite en contacto con oxígeno y humedad en el aire y produciendo el envejecimiento acelerado del papel de aislamiento en las bobinas por oxidación e hidrólisis;

la detección de fuga no puede realizarse inmediatamente puesto que la pérdida de aceite al entorno puede quedar enmascarada por un aumento en el nivel debido a aumentos de temperatura, de modo que los contactos de alarma para niveles bajos sólo se activarán una vez que se haya desechado un volumen considerable de aceite en la naturaleza;

asimismo, la detección de un transformador en el que el aceite ha rebosado no puede realizarse inmediatamente debido a que la existencia de aceite en exceso puede quedar enmascarada por la reducción en el nivel de aceite debido a las bajas temperaturas cuando el transformador se desconecta. Por tanto, los contactos sólo se activarán algún tiempo una vez que el transformador se ha activado, cuando la temperatura aumenta, usando el apagado forzado del equipo para retirar el aceite o la fuga de aceite en exceso al entorno.

Otros ejemplos que usan mediciones de presión y temperatura para determinar el nivel de aceite en un transformador eléctrico lleno con aceite se facilitan en los documentos DE102007028704 o JP05283240.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Consciente del estado de la técnica, de sus inconvenientes y limitaciones, el inventor, activo en el área de la materia en cuestión, estudios e investigación, creó un sistema y un método para monitorizar el nivel de aceite y detectar fugas de aceite en un recipiente lleno de aceite de equipo de energía eléctrica, tal como transformadores de energía, reactores, transformadores de corriente y potencial, aisladores de alta tensión y similares, que hace que la medición y monitorización en tiempo real de los niveles de aceite en transformadores y equipo similar lleno con aceite aislante sea más fiable y sin el uso de flotadores y piezas mecánicas, lo que resuelve las deficiencias de corriente ampliamente referidas e ilustradas en el estado de la técnica.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un sistema para monitorizar el nivel de aceite y para fugas de aceite en un recipiente lleno de aceite de equipo de energía eléctrica tal como se da a conocer en la reivindicación 1.

Otras realizaciones del sistema del primer aspecto de la invención se describen adicionalmente según las reivindicaciones dependientes adjuntas 2 a 4.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un método para monitorizar el nivel de aceite y detectar fugas de aceite en un recipiente lleno de aceite de equipo de energía eléctrica, tal como se da a conocer en la reivindicación 5. Otras realizaciones del método del segundo aspecto de la invención se describen adicionalmente según las reivindicaciones dependientes adjuntas 6 a 11.

Ventajas de la invención:

El sistema de monitorización de aceite y el método de la invención tienen las siguientes ventajas en relación con el estado de la técnica:

- 5 puesto que no tiene piezas mecánicas móviles, se eliminan los problemas asociados con el mantenimiento y el fallo mecánico;
- puesto que no tienen un flotador ni otras partes en contacto con la bolsa o membrana de caucho, se elimina el riesgo de que el sistema de medición de nivel dañe o perfora esos elementos;
- 10 mayor precisión en la medición del nivel de aceite puesto que no usa un sistema mecánico;
- puede integrarse con otro equipo de monitorización o protección ya existente en el transformador o reactor, tal como el relé de acumulación de gas (relé de Buchholz) y el monitor de temperatura, reduciendo costes y facilitando la instalación y el mantenimiento;
- 15 monitorización mejorada de posibles fugas de aceite, permitiendo su detección incluso antes de que el nivel de aceite alcance el límite mínimo. Por tanto, proporciona menos riesgo de fallo para el transformador o el reactor y una reducción en el impacto medioambiental en caso de fuga;
- 20 permite detectar el llenado en exceso del transformador o el reactor con aceite, aunque el nivel de aceite no alcance el límite máximo debido a baja temperatura.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS:

25 Ahora se explicará la invención en detalle a través de los dibujos enumerados a continuación:

Figura 1 - Vista esquemática del sistema de monitorización recién inventado aplicado en un transformador;

30 Figura 2 - Vista esquemática del sistema de monitorización recién inventado aplicado en un transformador con un relé de acumulación de gas unido;

Figura 3 - Vista esquemática del sistema de monitorización recién inventado aplicado en un transformador con sólo uno o dos sensores de temperatura en el tanque principal;

35 Figura 4 - Diagrama eléctrico que muestra la medición e indicación del nivel de aceite sin disponibilidad de fuente de alimentación auxiliar.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE VARIAS REALIZACIONES

40 El sistema y método de la invención, para medir y monitorizar los niveles de aceite de aislamiento de transformadores y equipo similar, usan un monitor (24A, 24B) de nivel de aceite al que están conectados un sensor (21) de presión, para medir la presión de la columna de aceite (6) interno, y un sensor (22) de temperatura, dispuesto para medir la temperatura del aceite (6) en el tanque (4) de expansión, de modo que el monitor (24A, 24B) de nivel calcula la altura de la columna de aceite, que corresponde al nivel de aceite, a partir de la presión del aceite y tiene en cuenta el cambio en la densidad del aceite con la temperatura, indicando de manera precisa el nivel de aceite (6) en la pantalla (25).

50 El sistema, tal como se muestra en la figura 1, comprende un sensor (21) de presión electrónico instalado en una abertura (20) de acceso, que normalmente ya existe en la parte inferior del tanque (4) de expansión para drenaje. El sensor (21) mide la presión del aceite (6) en la abertura (20) de acceso en relación con la presión atmosférica. Puesto que el aire (10) en el tanque (4) de expansión también está a presión atmosférica, por medio de la tubería (8), la presión medida por el sensor (21) equivale a la presión de la columna de aceite (6) en el tanque (4) de expansión. Por tanto, la medición del sensor (21) de presión es proporcional al nivel de aceite (6), lo que permite medir el nivel sin usar flotadores ni ninguna otra pieza mecánica.

55 Las señales (23) de las mediciones del sensor (21) de presión y el sensor (22) de temperatura se envían entonces a un monitor (24A) de nivel ubicado en el panel (19) de control del transformador o a un monitor (24B) de nivel ubicado en el tanque (4) de expansión, adyacente a los sensores (21, 22) de presión y temperatura, de modo que puede formar una unidad mecánica con ellos.

60 Tal como se muestra en la figura 2, el relé (32) de gas, también denominado relé de Buchholz, está instalado en la tubería (5) que conecta el tanque (1) de transformador y el tanque (4) de expansión. El relé (32) de gas permite que el aceite (6) pase a su través, con la finalidad de recoger posibles burbujas de gas en el aceite. Puesto que el relé (32) de gas está en contacto directo con el aceite (6) y está instalado cerca del tanque (4) de expansión, el monitor

(24c) de nivel de aceite puede estar integrado en el relé (32) de gas, con el sensor (21) de presión instalado en el relé (32) de gas y en contacto con el aceite, igual que el sensor (22) de temperatura.

Con la información del sensor (21) de presión y el sensor (22) de temperatura del aceite en el tanque (4), el monitor (24A, 24B) de nivel corrige el valor de presión medido considerando el cambio en la densidad del aceite (6) con su temperatura, obteniendo así la altura correcta de la columna de aceite (6) y por consiguiente, el nivel exacto de aceite (6), que se indica en la pantalla (25) del monitor (24A, 24B) de nivel. La pantalla (25) puede mostrar la información del nivel de aceite en formato numérico así como de gráfico de barras para permitir la fácil visualización a distancia.

El monitor de nivel permite que el usuario programe los límites superior e inferior para el nivel de aceite. Si el nivel cae por debajo del límite inferior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite bajo. Asimismo, si el nivel sube por encima del límite superior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite alto. Las alarmas generadas pueden activar uno o más contactos (26) de alarma eléctricos dependiendo de la selección de contactos (26) programada previamente por el usuario para cada una de las alarmas individualmente, que el usuario puede usar para activar una alarma visual o sonora en la sala de control de la instalación (no representada).

Tal como se explica, la expansión y la contracción del aceite de aislamiento se producen como resultado de cambios en la temperatura, de modo que, si no hay fugas, el nivel de aceite (6) en el tanque (4) de expansión se determinará por la temperatura del aceite a lo largo de la altura del tanque (1) de transformador. Puesto que la temperatura del aceite (6) cambia en cada punto diferente a lo largo de la altura del tanque (1), el sistema de monitorización del nivel descrito tiene varios sensores (27A, 27B, 27C) de temperatura, en varios números, distribuidos a lo largo de la altura del tanque (1), que están conectados a entradas (24A, 24B) del monitor de nivel de aceite. Usando estas mediciones de temperatura, el monitor (24A, 24B) de nivel calcula la distribución de temperaturas a lo largo de todo el tanque (1) de transformador, incluso en ubicaciones en las que no se han instalado sensores de temperatura, a través de interpolación y/o extrapolación, usando funciones matemáticas que pueden seleccionarse de los tipos lineal, polinómico y exponencial, entre otros. Con la distribución de temperaturas a lo largo del tanque (1), el monitor (24A, 24B) de nivel calcula la expansión o contracción del aceite (6) a lo largo del tanque (1), obteniendo así el nivel de aceite esperado en el tanque (4) de expansión.

Puesto que la instalación de un gran número de sensores (27A, 27B, 27C) de temperatura del aceite a lo largo del tanque (1) de transformador puede no ser viable en la práctica, el monitor (24A, 24B) de nivel permite la instalación de sólo 2 sensores de temperatura del aceite a diferentes alturas del tanque (1), entonces calcula las temperaturas en las alturas intermedias entre los sensores por interpolación y calcula las temperaturas por encima del sensor (27A) más alto y por debajo del (27C) más bajo por extrapolación. Las funciones matemáticas de interpolación y extrapolación usadas por el monitor de nivel pueden seleccionarse de los tipos lineal, polinómico y exponencial, entre otros.

En aplicaciones en las que sólo está disponible un sensor (27A) de temperatura en la parte superior de tanque (1) de transformador, tal como se muestra en la figura 3, el monitor (24A) de nivel puede calcular la temperatura en el fondo del tanque (1) a partir de la medición de la temperatura del sensor (27A) disponible, de la corriente que circula a través del transformador, medida por un transformador (31) de corriente, y de las características de los radiadores (28) del sistema de enfriamiento del transformador, obteniendo así un "sensor (27V) de temperatura virtual" para el fondo del tanque (1). Con la información del sensor (27A) de temperatura real y el "sensor (27V) virtual", pueden usarse los procedimientos de interpolación matemáticos ya descritos para interpolar y extrapolar temperaturas a lo largo de la altura del tanque (1). Esta posibilidad es especialmente interesante cuando se considera que la medición (27A) de la temperatura del aceite en la parte superior del tanque (1) y del transformador (31) de corriente ya está disponible en los monitores (29) de temperatura que normalmente equipan a los transformadores de energía, lo que permite la integración de las funciones del monitor (24A) de nivel de aceite y el monitor (29) de temperatura del transformador en el mismo sistema de monitorización.

El monitor (24A, 24B) de nivel de aceite calcula entonces la diferencia entre el nivel de aceite real, obtenido a partir del sensor (21) de presión y el sensor (22) de temperatura, y el nivel de aceite esperado, calculado a partir de los sensores (27A, 27B, 27C) de temperatura en el tanque (1), denominándose la diferencia error de nivel. El monitor de nivel permite que el usuario programe los límites superior e inferior para el error de nivel. Si el error de nivel cae por debajo del límite inferior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite bajo. Asimismo, si el nivel de error sube por encima del límite superior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite alto. Las alarmas generadas pueden activar uno o más contactos (26) de alarma eléctrica dependiendo de la selección de contactos (26) programada previamente por el usuario para cada una de las alarmas individualmente.

Dado que el error de nivel está sujeto a oscilaciones a lo largo del tiempo, producidas por la imprecisión inherente a los sensores (21, 22, 27A, 27B, 27C), el monitor de nivel calcula el promedio del error de nivel en un intervalo móvil con un plazo de tiempo que puede ajustarse por el usuario. El resultado se denomina error de nivel promedio. El monitor de nivel permite que el usuario programe los límites superior e inferior para el error de nivel promedio. Si el error de nivel promedio cae por debajo del límite inferior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite

bajo. Asimismo, si el nivel de error promedio sube por encima del límite superior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite alto. Las alarmas generadas pueden activar uno o más contactos (26) de alarma eléctrica dependiendo de la selección de contactos (26) programada previamente por el usuario para cada una de las alarmas individualmente.

5 Alternativamente, con la distribución de temperaturas a lo largo de la altura del tanque (1), obtenida a partir de los procedimientos de interpolación y extrapolación descritos anteriormente, el monitor (24A, 24B) de nivel calcula de manera continua el nivel de aceite en el tanque (4) de expansión si el aceite está a una temperatura uniforme, igual a una temperatura de referencia programada por el usuario, tal como 25°C, y denominándose este resultado el nivel normalizado. El monitor de nivel permite que el usuario programe los límites superior e inferior para el nivel normalizado. Si el nivel normalizado cae por debajo del límite inferior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite bajo. Asimismo, si el nivel normalizado sube por encima del límite superior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite alto. Las alarmas generadas pueden activar uno o más contactos (26) de alarma eléctrica dependiendo de la selección de contactos (26) programada previamente por el usuario para cada una de las alarmas individualmente.

20 Dado que el nivel normalizado está sujeto a oscilaciones a lo largo del tiempo, producidas por la imprecisión inherente a los sensores (21, 22, 27A, 27B, 27C), el monitor de nivel calcula el promedio del nivel normalizado en un intervalo móvil con un plazo de tiempo que puede ajustarse por el usuario. El resultado se denomina nivel normalizado promedio. El monitor de nivel permite que el usuario programe los límites superior e inferior para el nivel normalizado promedio. Si el nivel normalizado promedio cae por debajo del límite inferior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite bajo. Asimismo, si el nivel normalizado promedio sube por encima del límite superior, el monitor de nivel genera una alarma de nivel de aceite alto. Las alarmas generadas pueden activar uno o más contactos (26) de alarma eléctrica dependiendo de la selección de contactos (26) programada previamente por el usuario para cada una de las alarmas individualmente.

30 Puesto que uno de los fines principales de un sistema de monitorización del nivel es detectar la pérdida de aceite procedente de fugas al entorno, y considerando que pueden persistir fugas con poco flujo de aceite a lo largo de un tiempo prolongado antes de que se alcance cualquiera de los límites de alarma mencionados anteriormente, el monitor (24A, 24B) de nivel calcula las tendencias de evolución por unidad de tiempo para los parámetros de error de nivel de error, de nivel promedio, nivel normalizado y nivel normalizado promedio. A partir de las tendencias de evolución calculadas y suponiendo que las mismas permanecen constantes, el monitor (24A, 25B) de nivel calcula el número de días que quedan para que cada uno de esos parámetros alcance su propio límite inferior. El monitor de nivel permite que el usuario programe un límite inferior, en días, para el número de días calculados que quedan. Si cualquiera de estos es menor que o igual al límite programado, el monitor (24A, 24B) de nivel genera una alarma por la tendencia o reducción en el nivel de aceite, lo que activa uno o más contactos (26) eléctricos según la selección de contactos (26) programada previamente por el usuario para cada una de las alarmas individualmente.

40 Con el fin de permitir la indicación a distancia de la información de nivel de aceite, nivel de error, nivel de error promedio, nivel normalizado y nivel normalizado promedio, así como las tendencias de evolución en esos mismos parámetros en la sala de control de la instalación o sistemas de supervisión de tipo SCADA, el monitor (24A, 24B) de nivel tiene salidas (26A) analógicas. Estas salidas (26A) analógicas pueden adoptar una norma de salida actual, tal como de 0 a 1 mA; de 0 a 5 mA; de 4 a 20 mA o otras, o una norma de tensión convencional, tal como de 0 a 1 V; de 0 a 5 V; de 0 a 10 V u otras. El usuario puede programar los valores de inicio y finalización para las escalas (26A) de salida analógica, según la variable que indica la salida; por ejemplo, si la salida es de 4 a 20 mA y está indicando el nivel de aceite, el comienzo de la escala puede corresponder a un nivel del 0%, generando una señal de 4 mA en la salida, y el final de la escala puede corresponder a un nivel del 100%, generando una señal de 20 mA en la salida.

50 En determinadas situaciones, puede ser necesario que la medición y la indicación del nivel de aceite estén disponibles sin ninguna tensión (40) de energía auxiliar disponible para el monitor (24A, 24B) de nivel. Este es el caso, por ejemplo, durante el procedimiento de llenado del transformador con aceite, cuando todavía no están disponibles las conexiones eléctricas que accionarían el monitor (24A, 24B) de nivel. Con el fin de permitir el funcionamiento en esta situación, tal como se muestra en la figura 4, el monitor (24A) de nivel está equipado con un dispositivo (33) acumulador de energía que puede ser una batería, un supercondensador u otro, con carga suficiente para hacer funcionar en sensor (21) de presión y el sensor (22) de temperatura, así como los circuitos de lectura para esos sensores (34), el microcontrolador (35) y la pantalla (25). Con el fin de maximizar la duración de la energía acumulada en el dispositivo (33) acumulador, el monitor (24A) de nivel normalmente permanece apagado y fuera de funcionamiento.

60 Siempre que sea necesario medir el nivel, el usuario puede solicitar la medición activando el botón (36) en el monitor (24A) de nivel. Al activar el botón (36) se activa un circuito (37) de sincronización que envía alimentación a los sensores (21, 22), el circuito (34) de lectura, el microcontrolador (35) y la pantalla (25) sólo durante el tiempo suficiente para que el usuario realice la lectura, apagando automáticamente esos mismos elementos sólo tras algunos segundos. El acumulador (33) está dimensionado de modo que tiene suficiente energía para un gran

número de lecturas, y durante tiempo suficiente de modo que puede llevarse alimentación auxiliar mediante cables al monitor (24A) de nivel.

5 Sin embargo, hay aplicaciones en las que el monitor de nivel está instalado fuera del alcance del usuario, a lo largo del nivel del suelo, tal como se muestra en las figuras 1 y 2, en las que el monitor (24B, 24C) de nivel está cerca del tanque (4) de expansión o integrado en el relé (32) de gas. Tal como se muestra en la figura 4, para esas aplicaciones, el botón (36A) de activación puede estar instalado separado del monitor (24A) de nivel, de modo que el usuario puede alcanzarlo al nivel del suelo.

10 Alternativamente, el monitor (24A) de nivel puede estar equipado con un dispositivo para su activación a distancia, sin contacto, que consiste en un fotodetector (38) instalado y que señala en la dirección del suelo, de modo que cuando el usuario lo excita por un haz de luz, por medio de una linterna, por ejemplo, envía una señal eléctrica al
15 circuito (37) de sincronización, que entonces comienza a funcionar de manera idéntica a cuando se activa mediante el botón (36). Con el fin de evitar la activación inapropiada, un filtro (39) de luz está instalado delante del fotodetector (38), de manera que permite que el fotodetector (38) se excite sólo por la luz de una longitud de onda predeterminada, tal como infrarroja, por ejemplo, y bloqueando el resto de las longitudes de onda.

Pueden emplearse otros sistemas de activación a distancia, sin contacto, en sustitución del fotodetector (38), tal como sonidos audibles o inaudibles, ondas de radiofrecuencia, haces de láser, luz visible o invisible u otros, que
20 funcionarán de manera similar, permitiendo que el usuario envíe una solicitud a distancia.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para monitorizar el nivel de aceite y detectar fugas de aceite en un recipiente lleno de aceite de equipo de energía eléctrica, donde dicho recipiente lleno de aceite es un tanque (4) de expansión instalado encima de y conectado a un tanque (1) principal, en el que está sumergido dicho equipo de energía eléctrica, que comprende:
- un sensor (21) de presión, para medir la presión de la columna de aceite (6) interno,
 - un sensor (22) de temperatura, para medir la temperatura del aceite (6);
 - varios sensores (17A, 27B, 27C) de temperatura distribuidos a lo largo de la pared del tanque principal;
- caracterizado porque:
- dicho sensor (21) de presión está instalado en una abertura (20) de acceso en la parte inferior de dicho tanque (4) de expansión o en un relé (32) de gas instalado en una tubería (5) que conecta el tanque (1) principal y el tanque (4) de expansión,
 - dicho sensor de temperatura está dispuesto en el tanque (4) de expansión o en dicho relé (32) de gas; y
 - el sistema incluye un monitor (24A, 24B, 24C) de nivel de aceite al que están conectados dicho sensor (21) de presión, dicho sensor (22) de temperatura y dichos varios sensores (27A, 27B, 27C) de temperatura, donde dicho monitor (24A, 24B, 24C) de nivel de aceite está configurado para calcular la altura de la columna de aceite, que corresponde al nivel de aceite real:
 - a partir de la presión del aceite medida por el sensor (21) de presión, y
 - a partir de la temperatura del aceite medida por dicho sensor (22) de temperatura, teniendo en cuenta el cambio en la densidad del aceite con la temperatura, y donde dicho monitor de nivel de aceite está configurado para calcular un nivel de aceite esperado en dicho tanque de expansión, usando las mediciones de dichos varios sensores de temperatura distribuidos a lo largo del tanque principal, y para calcular un nivel de error por la diferencia entre dicho nivel de aceite real y dicho nivel de aceite esperado;
- en el que el monitor (24c) de nivel de aceite está:
- integrado en dicho relé (32) de gas, tanto con el sensor (21) de presión como con el sensor (22) de temperatura instalados en dicho relé (32) de gas y en contacto con el aceite; o
 - ubicado en el tanque (4) de expansión, adyacente al sensor (21) de presión y el sensor (22) de temperatura, formando una unidad mecánica con ellos, y en el que
 - el monitor (24A, 24B) de nivel de aceite está equipado con circuitos (34) de lectura para el sensor (21) de presión y el sensor (22) de temperatura, teniendo un microcontrolador (35) y un dispositivo (33) acumulador de energía eléctrica suficiente para alimentar eléctricamente el sensor (21) de presión y el sensor (22) de temperatura, así como dichos circuitos (34) de lectura, permitiendo dicho microcontrolador (35) y la pantalla (25), su funcionamiento, y haciendo posible la medición y la indicación del nivel de aceite cuando el monitor (24A, 24B) de nivel de aceite no tiene ninguna tensión (40) de potencia auxiliar.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el monitor (24A, 24B, 24C) de nivel de aceite comprende una pantalla (25) para presentar visualmente la altura calculada de la columna de aceite, y el monitor (24A, 24B, 24C) de nivel de aceite genera una alarma de nivel de aceite bajo cuando se alcanza un límite inferior programado o una alarma de nivel de aceite alto cuando se ha alcanzado un límite superior programado.
3. Sistema según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho equipo de energía eléctrica es por sí solo un transformador de energía, un reactor, un transformador de corriente y potencial y aisladores de alta tensión.
4. Sistema según la reivindicación 1, en el que el monitor (24A, 24B) de nivel comprende un circuito (37) de sincronización interconectado entre dicho dispositivo (33) acumulador de energía y los sensores (21, 22), el circuito (34) de lectura, el microcontrolador (35) y la pantalla (25), con el fin de, cuando se acciona, suministrarles energía durante algunos segundos, pudiendo accionarse dicho circuito (37) de sincronización localmente, por medio de un botón (36, 36A), o a distancia.
5. Método para monitorizar el nivel de aceite y detectar fugas de aceite en un recipiente lleno de aceite de equipo de energía eléctrica, donde dicho recipiente lleno de aceite es un tanque (4) de expansión instalado encima de y

conectado a un tanque (1) principal en el que está sumergido dicho equipo de energía eléctrica, caracterizado porque comprende:

- 5 - medir la presión de la columna de aceite (6) interno por medio de un sensor (21) de presión, instalado en una abertura (20) de acceso en la parte inferior de dicho tanque (4) de expansión o en un relé (32) de gas instalado en una tubería (5) que conecta el tanque (1) principal y el tanque (4) de expansión,
- 10 - medir la temperatura del aceite (6) en el tanque (4) de expansión o en dicho relé (32) de gas por medio de un sensor (22) de temperatura dispuesto para ese fin; y
- 15 - calcular, por medio de un monitor (24A, 24B, 24C) de nivel de aceite al que están conectados dicho sensor (21) de presión y dicho sensor (22) de temperatura y en el que dicho monitor de aceite, dicho sensor de presión y dicho sensor de temperatura forman una unidad mecánica, la altura de la columna de aceite, que corresponde al nivel de aceite real:
- 20 - a partir de la presión del aceite medida por el sensor (21) de presión, y
- 25 - a partir de la temperatura del aceite medida por dicho sensor (22) de temperatura, teniendo en cuenta el cambio en la densidad del aceite con la temperatura, y que comprende además:
 - calcular, por medio del monitor (24A, 24B), de nivel la distribución de temperaturas a lo largo del tanque (1) principal mediante la interpolación y/o extrapolación de mediciones de temperatura obtenidas de varios sensores (27A, 27B, 27C) de temperatura distribuidos a lo largo de la altura del tanque (1) principal y conectados al monitor (24A, 24B) de nivel de aceite:
 - calcular, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel, la expansión o contracción del aceite (6) a lo largo del tanque (1) principal, con la distribución de temperaturas calculada a lo largo del tanque (1) principal, obteniendo así un nivel de aceite esperado en el tanque (4) de expansión, y
 - 30 - calcular, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel de aceite, un error de nivel por la diferencia entre el nivel de aceite real y dicho nivel de aceite esperado, generando una alarma de nivel de aceite bajo si el error de nivel es menor que el límite programado más bajo, o una alarma de nivel de aceite alto si el error de nivel es mayor que un límite superior programado.
- 35 6. Método según la reivindicación 5, que comprende calcular, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel de aceite, un error de nivel promedio mediante un promedio de intervalo móvil de dicho error de nivel en un intervalo de tiempo que puede ajustarse por el usuario, generando una alarma de nivel de aceite bajo si dicho error de nivel promedio es menor que el límite programado más bajo, o una alarma de nivel de aceite alto si el error de nivel promedio es mayor que un límite superior programado.
- 40 7. Método según la reivindicación 5, que comprende realizar dicho cálculo de la distribución de temperaturas, que comprende usar la información facilitada por sólo dos sensores (27A, 27C) de temperatura del aceite instalados a diferentes alturas del tanque (1) principal, para calcular las temperaturas en las alturas intermedias entre dichos dos sensores de temperatura usando interpolación, y calcular las temperaturas por encima del sensor (27A) superior y por debajo del sensor (27C) inferior por extrapolación.
- 45 8. Método según la reivindicación 5, en el que dicho equipo de energía eléctrica incluye un transformador, comprendiendo el método:
 - 50 - medir la temperatura en la parte superior del tanque (1) principal por medio de sólo un sensor (27A) colocado allí,
 - medir la corriente que fluye a través de dicho transformador, usando un transformador (31) de corriente,
 - 55 - calcular, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel, la temperatura en el fondo del tanque (1) principal a partir de dicha temperatura medida en la parte superior del tanque (1) principal, a partir de dicha corriente medida y a partir de las características de los radiadores (28) en un sistema de enfriamiento del transformador, obteniendo así un sensor de temperatura virtual (27V) en la parte inferior del tanque (1), y
 - 60 - calcular, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel, la distribución de temperaturas a lo largo de la altura del tanque (1) principal mediante la interpolación y/o extrapolación de la información del sensor (27A) de temperatura real y el sensor (27V) de temperatura virtual; y
 - 65 - calcular, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel, la expansión o contracción del aceite (6) a lo largo del tanque (1) principal, con la distribución de temperaturas calculada a lo largo de la altura del tanque (1) principal, obteniendo así un nivel de aceite inesperado en el tanque (4) de expansión.

5 9. Método según la reivindicación 5, que comprende, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel de aceite, usar la distribución de temperaturas a lo largo de la altura del tanque (1) principal para calcular de manera continua un nivel normalizado, que corresponde al nivel de aceite que existiría en el tanque (4) de expansión si el aceite estuviera a una temperatura uniforme e igual a la temperatura de referencia programada por el usuario, generando una alarma de nivel de aceite bajo si el nivel normalizado es menor que el límite programado más bajo, o una alarma de nivel de aceite alto si el nivel normalizado es mayor que el límite programado más alto.

10 10. Método según la reivindicación 9, que comprende calcular, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel de aceite, un nivel normalizado promedio mediante un promedio de intervalo móvil de dicho nivel normalizado en un intervalo de tiempo que puede ajustarse por el usuario, generando una alarma de nivel de aceite bajo si dicho nivel normalizado promedio es menor que el límite programado más bajo, o una alarma de nivel de aceite alto si el nivel normalizado promedio es mayor que un límite superior programado.

15 11. Método según la reivindicación 10, que comprende, por medio del monitor (24A, 24B) de nivel de aceite, calcular las tendencias para la evolución por unidad de tiempo para los parámetros de error de nivel, error de nivel promedio, nivel normalizado y nivel normalizado promedio, y usar esas tendencias de evolución para calcular el número de días que quedan para que cada uno de esos parámetros alcance su propio límite inferior, y generar una alarma para una tendencia para reducción en el nivel de aceite si cualquiera de los días que quedan es menor que o igual a un límite mínimo programado.

20

FIG 1

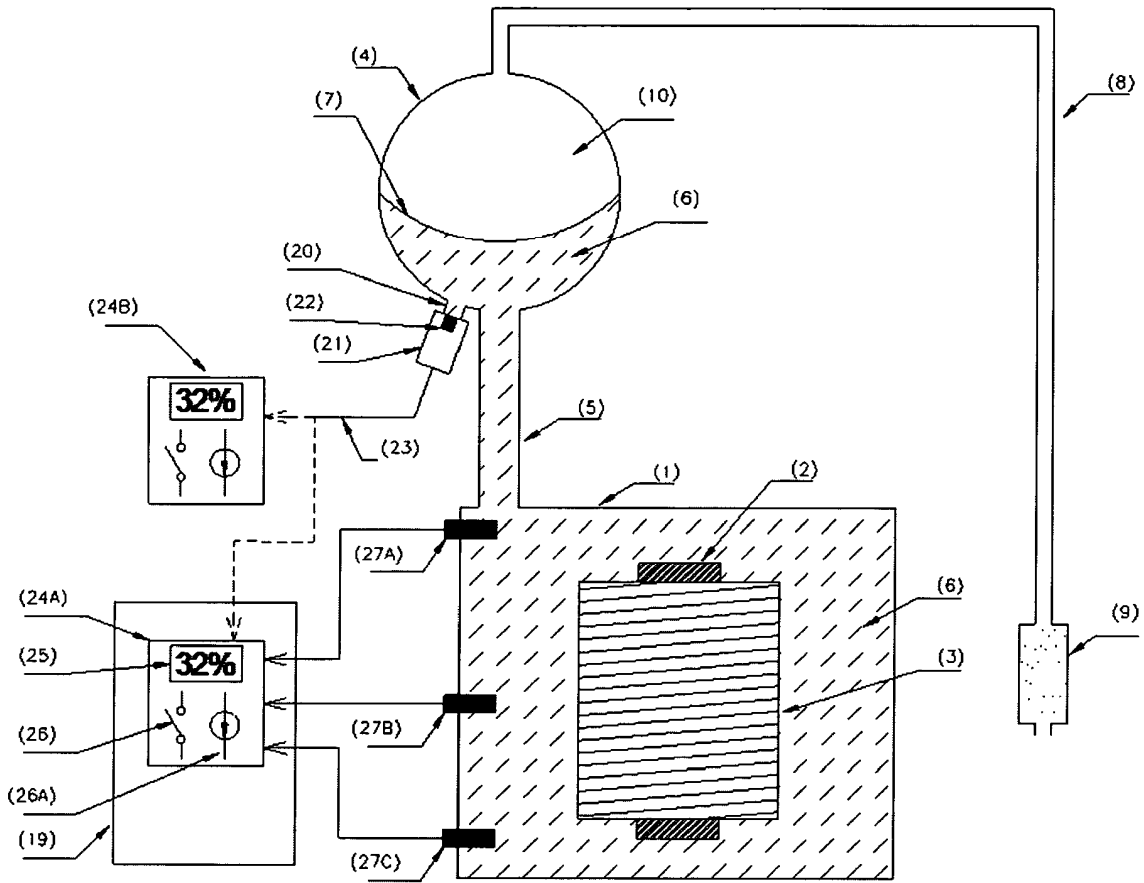
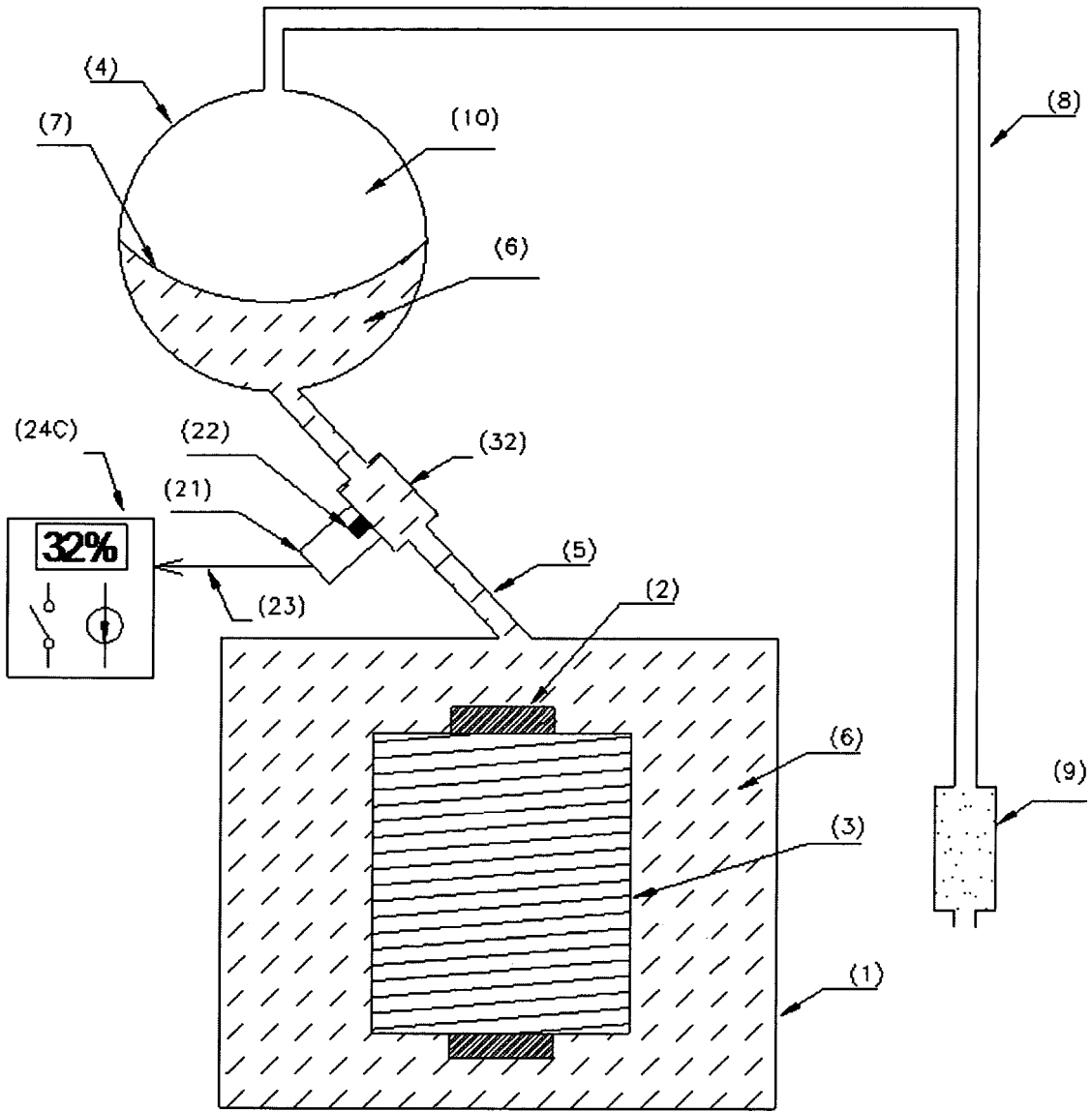


FIG 2



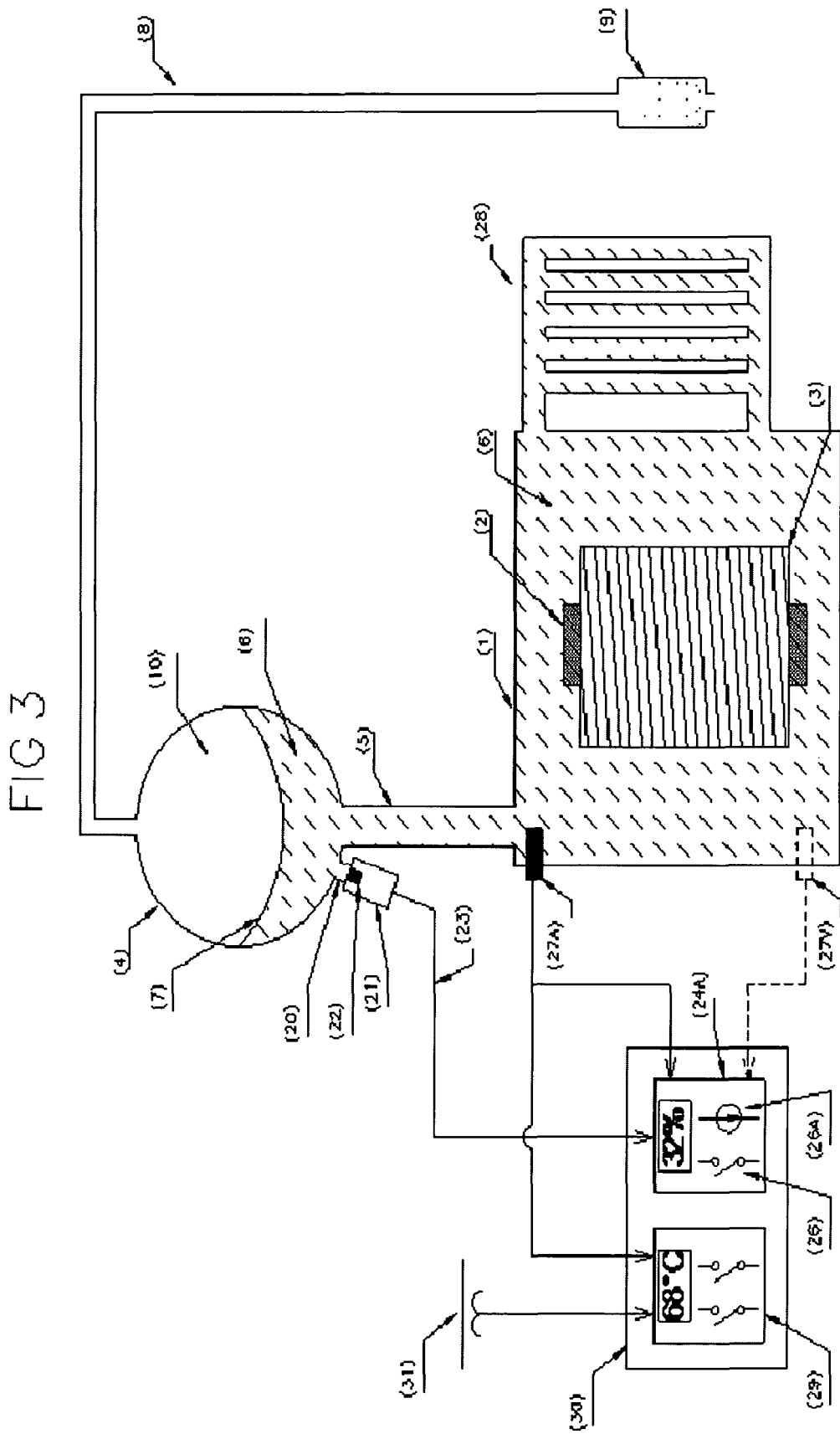


FIG 4

