

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 439**

51 Int. Cl.:

G01R 31/12 (2006.01)

G01R 31/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2011** **E 11005511 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016** **EP 2407795**

54 Título: **Dispositivo de medición para medir descargas parciales**

30 Prioridad:

12.07.2010 AT 11742010

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

31.03.2017

73 Titular/es:

**BAUR PRÜF- UND MESSTECHNIK GMBH
(100.0%)
Raiffeisenstrasse 8
6832 Sulz, AT**

72 Inventor/es:

BAUR, MARTIN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 607 439 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

Dispositivo de medición para medir descargas parciales

5 La invención se refiere a un dispositivo de medición para medir descargas parciales en líquidos aislantes, que comprende primeros y segundos electrodos que están dispuestos en un recipiente para la recepción del líquido aislante que ha de ser medido y entre los que se puede aplicar una tensión, al menos un sensor de banda ancha capaz de emitir valores de medición para las descargas parciales, y una jaula de Faraday, dentro de la que está dispuesto el recipiente con los electrodos.

10 Para la medición del voltaje de comienzo de la descarga parcial (PDIV-Partial Discharge Inception Voltage), en el borrador IEC TR 61294:2006 de una norma de ensayo se propuso un sensor de banda estrecha con un ancho de banda de 300 kHz. La medición se realizó a través de una impedancia de medición formada por un cuadripolo de desacoplamiento y conectada en paralelo junto con un condensador de desacoplamiento de una célula de ensayo que recibe el líquido aislante que ha de ser medido. Una ampliación de ello la proponen Pompili Massimo, IC DL 2008, 16th IEEE International Conference on Dielectric Liquids, Tropper Memorial Lecture, "Partial Discharge Measurements in Dielectric Liquids" o en IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 16, No. 6; December 2009, 1511-1518, "Comparative PD Pulse Burst Characteristics of Transformer Type Natural and Synthetic Ester Fluids and Mineral Oils", M. Pompili y col. Aquí, la medición integrativa mediante el sensor de banda estrecha se amplía por una medición mediante un sensor de banda ancha que presenta un ancho de banda de 500 MHz y que registra la caída de tensión en una resistencia de medición. La resistencia de medición está conectada en la línea que se extiende entre uno de los dos electrodos de la célula de ensayo, que están dispuestos en el líquido aislante que ha de ser medido, y el potencial de tierra. En el otro de los dos electrodos se aplica una alta tensión en forma de una tensión alterna. Por el sensor de banda ancha son registrados impulsos de tensión individuales causados por una respectiva descarga parcial en el líquido aislante.

Una medición de descargas parciales en componentes eléctricos está normalizada además en la norma CEI/IEC 60270:2000. En esta se describe la medición mediante un sensor de banda estrecha.

30 Otras normas que se dedican a la medición de descargas parciales son ASTM D3382-95 (Reapproved 2001) y ASTM D1868-93 (Reapproved 1998). Es conocido el modo de disponer dispositivos de medición para la medición de descargas parciales en jaulas de Faraday para conseguir un apantallamiento contra influjos parásitos. Convencionalmente, a causa de la sección aislante necesaria en aire y la alta tensión empleada que puede situarse por ejemplo en el intervalo de 1 kV hasta varios 100 kV, estos presentan grandes dimensiones, siendo del orden de metros la distancia entre la jaula de Faraday y las piezas del dispositivo de medición que llevan alta tensión.

Otro ejemplo de un dispositivo de medición para la medición de descargas parciales con sensores de banda ancha y con una jaula de Faraday es descrito por Cleary y col. en IEE Proc.-Sci Meas. Technol., Vol.1 53, No.2, March 2006, "UHF and current pulse measurements of partial discharge activity in mineral oil".

40 La invención tiene el objetivo de proporcionar un dispositivo de medición mejorado del tipo mencionado al principio. Según la invención, esto se consigue mediante un dispositivo de medición con las características de la reivindicación 1.

45 En un dispositivo de medición según la invención para la medición de descargas parciales existen primeras y segundas fuentes de tensión con las que en el primer y en el segundo electrodo puede aplicarse respectivamente una tensión alterna con respecto a potencial de tierra. Las tensiones alternas aplicadas en los dos electrodos presentan amplitudes (= valores de cresta) al menos sustancialmente idénticas, es decir que sus amplitudes se diferencian en menos del 5%. Las dos tensiones son de fases opuestas, es decir que están desfasadas 180° una respecto a otra.

50 De esta manera, cuando se ha de realizar una medición de descargas parciales en un líquido aislante en una diferencia de potencial predeterminada entre el primer y el segundo electrodo, los dos electrodos pueden presentar con respecto a tierra solo la mitad de esta diferencia de potencial deseada, presente entre los dos electrodos. De esta manera, la disposición puede realizarse de manera compacta, pudiendo reducirse especialmente las dimensiones de la jaula de Faraday, dentro de la que está dispuesto el recipiente de recepción para el líquido aislante.

60 El registro de valores de medición para las descargas parciales se realiza sobre la base de impulsos de corriente provocados por las descargas parciales en la respectiva línea eléctrica que se extiende entre la respectiva fuente de tensión y el respectivo electrodo (dado el caso, estando interconectados componentes eléctricos). Estos impulsos de corriente pueden ser registrados de manera ventajosa sin contacto por el (respectivo) sensor de banda ancha, por ejemplo mediante una bobina de Rogowski o mediante un sensor de efecto Hall o mediante una antena que recibe un campo electromagnético provocado por los impulsos de corriente e irradiada por la línea. Otra posibilidad prevé que en la (respectiva) línea eléctrica se conecta una impedancia de medición y el (respectivo) sensor de banda

ancha registra la caída de tensión en la impedancia de medición. En particular, esta (o la respectiva) impedancia de medición está formada por una resistencia óhmica.

5 De manera ventajosa, en la respectiva línea que se extiende entre la respectiva fuente de tensión y el respectivo electrodo está conectada, eventualmente en serie con la impedancia de medición, una resistencia de protección. En el caso de la disposición de una impedancia de medición en esta línea, la resistencia de protección preferentemente se encuentra entre la impedancia de medición y la fuente de tensión, siendo su resistencia óhmica sensiblemente más alta que la de la impedancia de medición, preferentemente 10 veces más alta, con especialmente preferencia más de 100 veces más alta. La resistencia de protección protege el dispositivo de medición si durante la medición se produce una descarga total, es decir, si se excediese la tensión disruptiva del líquido aislante medido.

15 En una forma de realización preferible de la invención existen primeros y segundos sensores de banda ancha. El primer sensor de banda ancha registra impulsos de corriente en la primera línea eléctrica que se extiende entre la primera fuente de tensión y el primer electrodo, por ejemplo mediante el registro de un campo electromagnético provocado por estos impulsos de corriente o mediante el registro de una caída de tensión en una primera impedancia de medición conectada en la primera línea. El segundo sensor de banda ancha registra impulsos de corriente en la segunda línea eléctrica que se extiende entre la segunda fuente de tensión y el segundo electrodo, por ejemplo mediante el registro de un campo electromagnético provocado por estos impulsos de corriente o mediante el registro de una caída de tensión en una segunda impedancia de medición conectada en la segunda línea eléctrica. De esta manera, se amplían las posibilidades de medición. Según el tipo de los defectos en el aislamiento del líquido aislante resultan diferentes patrones de descargas parciales. Estas son muy típicas en cuanto a su posición de fase, amplitud y frecuencia (cantidad por período). De esta manera, se pueden detectar causas de fallos. Mediante la disposición simétrica preferible, estos patrones pueden ser medidos por los sensores de banda ancha simultáneamente en ambos electrodos y con posición de fase opuesta. De esta manera, se consigue ampliar las posibilidades en la detección de patrones de las descargas parciales. Mediante la formación de señales diferenciales se pueden suprimir señales parásitas. Se consigue mejorar en un múltiplo los resultados de medición en cuanto a su precisión repetida.

30 De manera ventajosa, la primera y segunda fuentes de tensión están formadas por un transformador. Este presenta un devanado primario y primeros y segundos devanados secundarios que están separados por una toma central. La toma central se pone a potencial de tierra. Los otros dos extremos del primer y del segundo devanado secundario se conectan al primer y al segundo electrodo (dado el caso, a través de los componentes conectados en la respectiva línea, es decir, preferentemente al menos a través de una resistencia de protección y, dado el caso, de la impedancia de medición). La tensión emitida por el transformador se puede modificar, especialmente de forma controlada por un programa, mediante la modificación de la tensión aplicada en el devanado primario.

40 Las primeras y segundas fuentes de tensión suministran alta tensión (es decir, tensiones superiores a 1 kV). En los electrodos se pueden aplicar preferentemente tensiones de hasta 50 kV respectivamente, de manera que entre el primer y el segundo electrodo puede aplicarse una tensión de medición de hasta 100 kV, como mínimo. Las evoluciones de amplitud de las tensiones aplicadas en los dos electrodos son idénticas, especialmente sinusoidales.

Para conseguir unas dimensiones pequeñas, el transformador preferentemente está dispuesto en un baño con un líquido aislante.

45 Los anchos de banda de los sensores de banda ancha se sitúan preferentemente en el intervalo de 100 MHz a 1000 MHz.

50 Dado que un respectivo sensor de banda ancha está conectado a un potencial de alta tensión (es decir $> 1\text{ kV}$), los valores de medición registrados por el al menos un sensor de banda ancha se transmiten de manera ventajosa a través del espacio libre (de forma inalámbrica) o a través de un cable de fibra óptica, a una unidad receptora que no está conectada a un potencial de alta tensión, estando conectada especialmente a un potencial de baja tensión (es decir $< 50\text{ voltios}$). Para la alimentación de energía del respectivo sensor de banda ancha, de manera ventajosa, existe una respectiva batería o un respectivo acumulador (batería recargable o condensador acumulador). En caso de usar un acumulador se puede realizar una recarga en tiempos de pausa de la medición, estando cortocircuitos los dos electrodos y conectada una tensión de carga de intensidad adecuada. Como fuente de tensión se puede emplear de manera ventajosa el transformador que suministra también la alta tensión necesaria para la medición.

60 Preferentemente, existe además al menos un sensor de banda estrecha que registra descargas parciales por acoplamiento a través de al menos un condensador de acoplamiento. Un respectivo condensador de acoplamiento está conectado por una parte a la respectiva línea que conecta la respectiva fuente de tensión al respectivo electrodo, en concreto, a través de una línea de conexión o mediante una realización en una sola pieza de un electrodo del condensador de acoplamiento con una sección de dicha línea. Por otra parte, el respectivo condensador de acoplamiento está conectado a potencial de tierra a través de una impedancia de acoplamiento. La tensión aplicada en la impedancia de acoplamiento (o emitida por esta) se suministra al sensor de banda estrecha. La impedancia de acoplamiento es de manera convencional un cuádrupolo.

Preferentemente, están previstos primeros y segundos acopladores condensadores de acoplamiento que están conectados respectivamente por una parte a la respectiva línea eléctrica, a través de la que se realiza el suministro de tensión al respectivo electrodo, y por otra parte, a potencial de tierra a través de una respectiva impedancia de acoplamiento. Por lo tanto, por el sensor de banda estrecha puede ser realizada una medición de diferencia de la tensión aplicada en la respectiva impedancia de acoplamiento (o emitida por esta). Alternativamente, también sería posible y viable asignar a cada impedancia de acoplamiento un sensor de banda estrecha propio que registre la tensión aplicada en dicha impedancia de acoplamiento. Si se desea, para los valores de medición emitidos por estos sensores se podría formar una señal diferencial.

Mediante el al menos un sensor de banda estrecha se realiza una medición integral de las descargas parciales. Mediante la medición de diferencia o la formación de una señal diferencial pueden suprimirse señales parásitas.

Preferentemente, el ancho de banda del al menos un sensor de banda estrecha es de al menos 100 kHz. Preferentemente, el ancho de banda del sensor de banda estrecha es de 5 MHz, como máximo.

De manera ventajosa, la célula de medición del dispositivo de medición según la invención, que comprende el recipiente y el primer y el segundo electrodo, está dispuesta en horizontal, es decir que los dos electrodos se encuentran en un plano horizontal. De manera ventajosa, este atraviesa ambos electrodos centralmente. Esto permite realizar de manera sencilla una disposición simétrica de los dos electrodos con respecto a la jaula de Faraday.

Preferentemente, todas las piezas del dispositivo de medición que lleven alta tensión están dispuestas de forma simétrica con respecto a la jaula de Faraday.

Más ventajas y detalles de la invención se describen a continuación con la ayuda del dibujo adjunto. En este, muestran:

- la figura 1, un diagrama de bloques de un dispositivo de medición según el estado de la técnica,
- la figura 2, diagramas de los valores de medición recibidos del sensor de banda ancha y del sensor de banda estrecha según el estado de la técnica;
- la figura 3, una representación esquemática de un ejemplo de realización de un dispositivo de medición según la invención, estando representados los componentes eléctricos en parte a modo de un diagrama de bloques;
- la figura 4, un diagrama de bloques de un sensor de banda ancha que registra la caída de tensión en una impedancia de medición;
- la figura 5, una representación de una célula de ensayo;
- las figuras 6 y 7, representaciones esquemáticas de sensores de banda ancha modificados.

Un dispositivo de medición para la medición de descargas parciales según el estado de la técnica resulta de la figura 1. La célula de ensayo comprende un recipiente 1 para recibir el líquido aislante que ha de ser medido, en el cual están dispuestos dos electrodos 2, 3 a una distancia entre ellos. El electrodo 2 está conectado a un potencial de alta tensión. La tensión alterna sinusoidal aplicada se incrementa en el transcurso de la medición. La fuente de tensión que ha de conectarse a la línea 4 se ha omitido en la figura 1 para mayor facilidad. El otro electrodo 3 está conectado al potencial de tierra a través de una impedancia de medición 5 en forma de una resistencia óhmica con 75Ω . La caída de tensión en la impedancia de medición 5 es registrada por un sensor de banda ancha 6 con un ancho de banda de 500 MHz. El sensor de banda ancha 6 está formado por un osciloscopio de memoria.

Al electrodo 2 está conectado además un condensador de acoplamiento 7 por uno de sus electrodos. El otro electrodo del condensador de acoplamiento 7 está conectado a tierra a través de una impedancia de acoplamiento 8. La impedancia de acoplamiento 8 representada solamente a modo de un diagrama de bloques está formada por un cuadripolo y la tensión aplicada en la impedancia de acoplamiento 8 es registrada por un sensor de banda estrecha 9 con un ancho de banda de 300 kHz, formado por un osciloscopio de memoria.

Para la medición de descargas parciales, se incrementa continuamente la tensión aplicada en el electrodo 2, hasta que se produzcan impulsos de descarga parcial. La figura 2 muestra como diagrama 10a la señal emitida por el sensor de banda ancha 6. En la ordenada está representado el tiempo en segundos (la alta tensión aplicada se mantiene constante durante este tiempo) y como abscisa está representada la tensión. A las crestas de tensión originadas pueden asignarse valores de carga para las descargas parciales originadas.

El diagrama 10b muestra los valores de medición emitidos por el sensor de banda estrecha 9, que representan una señal integrada de las descargas parciales, de la que se puede deducir la carga total de las descargas parciales originadas.

En la figura 3 está representado esquemáticamente un ejemplo de realización para un dispositivo de medición según la invención. Para la medición de descargas parciales en un líquido aislante existe una célula de ensayo 11. Esta comprende un recipiente 12 que recibe el líquido aislante que ha de ser medido. Además, la célula de ensayo 11 comprende primeros y segundos electrodos 13, 14 dispuestos en el interior del recipiente 12 y por tanto del líquido

aislante que ha de ser medido, entre los que se aplica una alta tensión. En el ejemplo de realización representado, el primer electrodo 13 está realizado en forma de placa, por ejemplo con un perfil de Rogowski, y el segundo electrodo 14 presenta una punta orientada hacia el primer electrodo 13. El primer electrodo 13 también podría estar realizado por ejemplo de forma esférica.

5 Para la alimentación de tensión del primer y segundo electrodos 13, 14 sirven primeras y segundas fuentes de tensión 15, 16 formadas por primeros y segundos devanados secundarios de un transformador 17, entre los que se encuentra una toma central 18 puesta a potencial de tierra 19.

10 Las tensiones aplicadas en los dos electrodos 13, 14 presentan las mismas amplitudes (siendo posibles diferencias de +/- 5%). Las fases de estas dos tensiones sinusoidales están desfasadas 180° una respecto a otra.

15 Las tensiones aplicadas en los dos electrodos 13, 14 presentan las mismas amplitudes (siendo posibles diferencias de +/- 5%). Las fases de estas dos tensiones sinusoidales están desfasadas 180° una respecto a otra.

20 La primera y segunda fuentes de tensión 15, 16 están conectadas al primer y segundo electrodos 13, 14 a través de primeras y segundas líneas eléctricas 20, 21, estando dispuestos en estas líneas eléctricas 20, 21 respectivamente una resistencia de protección 22, 23 óhmica y una impedancia de medición 24, 25 que están conectadas en serie. Preferentemente, las impedancias de medición 24, 25 están formadas igualmente por resistencias óhmicas. Se usan resistencias de baja inductancia, por ejemplo, resistencias de película metálica en forma de meandro.

25 Por ejemplo, las impedancias de medición presentan un valor de resistencia comprendido en el intervalo de 25 a 100 Ω. En cambio, los valores de resistencia de las resistencias de protección 22, 23 son sensiblemente más altos, situándose por ejemplo en el intervalo de 1 kΩ a 500 kΩ.

Las impedancias de medición 24, 25 también podrían estar formadas por cuadripolos, por ejemplo resistencias óhmicas con capacidades conectadas en paralelo.

30 La caída de tensión en una respectiva impedancia de medición 24, 25 es registrada por un respectivo sensor de banda ancha 26, 27 conectado en paralelo a esta. La estructura de los primeros y segundos sensores de banda ancha 26, 27 se describe más adelante. Las impedancias de medición 24, 25 y los sensores de banda ancha 26, 27 se encuentran dentro de aisladores 40, 42.

35 Entre la respectiva impedancia de medición 24, 25 y la respectiva resistencia de protección 22, 23 está acoplado a la respectiva línea eléctrica 20, 21 un respectivo condensador de acoplamiento 28, 29. Para ello, en el ejemplo de realización representado está previsto respectivamente un electrodo que circunda una sección de la línea 20, 21 estando dispuesto dentro de un aislador 39, 41. La sección de la línea 20, 21, circundada por dicho electrodo, constituye el otro electrodo del respectivo condensador de acoplamiento 28, 29. El electrodo que circunda la línea eléctrica 20, 21 está a través de una Kop-Die en las impedancias de acoplamiento 30, 31 que en la figura 3 están representadas solo a modo de un diagrama de bloques, las tensiones aplicadas se suministran a un sensor de banda estrecha 32 común, cuya estructura se describe en detalle más adelante.

45 El transformador 17 está dispuesto en un baño de líquido con un líquido aislante, cuyo nivel de líquido 36 está representado en la figura 3 mediante una línea discontinua. Para ello, una pieza inferior 37 de la carcasa del dispositivo de medición está realizada como cubeta.

De manera ventajosa, la cubeta formada por la pieza inferior 37 está cubierta por una cubierta 38 que preferentemente está realizada en un material aislante.

50 Por encima del nivel de líquido 36 del líquido aislante, las líneas eléctricas 20, 21 que llevan alta tensión se extienden dentro de aisladores 39 a 42. De manera ventajosa, los aisladores 39 y 40 y los aisladores 41 y 42 se pueden levantar uno de otro. El tramo de línea que pasa por el aislador 39 o 41 finaliza en la zona de su lado superior y el tramo de línea que pasa por el aislador 40 o 42 finaliza en la zona del lado inferior de este, y en el estado colocado uno sobre otro de los aisladores 39 y 40 o 41 y 42, estos tramos de línea están en contacto mutuo.
55 Por los aisladores 40, 42 pasan las líneas eléctricas 20, 21 hasta el interior del recipiente 42 de la célula de ensayo 11.

60 Por lo tanto, las piezas que llevan alta tensión están dispuestas dentro de un líquido aislante (el líquido en la pieza inferior 37 o en el líquido aislante que ha de ser medido) o dentro de un aislador 39 a 42. Por lo tanto, no existen secciones aislantes que pasen por el espacio de aire libre, por lo que las dimensiones del dispositivo de medición pueden realizarse de forma muy compacta. Esta realización es conocida en los dispositivos de medición para la medición de la tensión disruptiva de líquidos aislantes.

65 La célula de ensayo 11 está dispuesta dentro de una pieza superior 43 del dispositivo de medición al menos durante la medición. Durante la medición, esta yace sobre una junta AF 44 dispuesta entre la pieza inferior 37 y la pieza superior 43. La junta AF 44 puede estar sujeta por ejemplo por una cubierta 38. La junta HF se compone de un

material electroconductor, por ejemplo, de un trenzado de cobre zincado. La pieza inferior 37 y la pieza superior 43 se componen de un material electroconductor, especialmente de metal, formando junto con la junta AF 44 una jaula de Faraday, dentro de la que están dispuestas al menos las piezas del dispositivo de medición que llevan alta tensión.

5 En lugar de estar realizadas en un material electroconductor, la pieza inferior 37 y la pieza superior 43 también pueden estar recubiertas o armadas con tal material, especialmente con metal o un trenzado metálico. La junta AF 44 también se podría suprimir y la pieza superior 43 podría yacer directamente sobre la pieza inferior 37.

10 Preferentemente, la pieza superior 43 está realizada de tal forma que se puede rebatir o levantar para permitir un acceso fácil a la célula de ensayo 11. De manera favorable, la célula de ensayo 11 puede estar realizada de tal forma que se puede levantar, por la separación descrita en los aisladores 39 a 42 y las líneas eléctricas.

15 En el ejemplo de realización representado, se realiza una transmisión de datos inalámbrica de los valores de medición emitidos por los sensores de banda ancha 26, 27, a una unidad receptora 33, por ejemplo a través del estándar bluetooth. Por lo tanto, la unidad receptora 33 debe estar situada dentro de la jaula de Faraday 34. En el ejemplo de realización representado, la unidad receptora 33 está integrada en el sensor de banda estrecha 32. Los datos recibidos por la unidad receptora así como los valores de medición emitidos por el sensor de banda estrecha se transmiten a una unidad de evaluación 35 conectada al sensor de banda estrecha 32, preferentemente a través de una conexión por línea eléctrica que sale de la jaula de Faraday 34. La unidad receptora 33 también podría estar dispuesta por separado del sensor de banda estrecha 32 dentro de la jaula de Faraday 34 y estar conectada a la unidad de evaluación 35 a través de una línea eléctrica propia. Además, una transmisión de datos del respectivo sensor de banda ancha 26, 27 también podría realizarse a través de un cable de fibra óptica. Este podría extenderse entonces directamente hasta la unidad de evaluación 35. En la figura 3, estas líneas ópticas (LOL) o cables de fibra óptica 65, 66 se indican con líneas discontinuas para su ilustración. El sensor de banda ancha podría presentar por lo tanto transmisores láser para la transmisión de datos.

20 Un diagrama de bloques para una forma de realización posible de un respectivo sensor de banda ancha 26, 27 está representado esquemáticamente en la figura 4. La caída de tensión en una respectiva impedancia de medición 24, 25 se suministra a un respectivo amplificador 45 que está conectado en paralelo a la respectiva impedancia de medición 24, 25. Un respectivo amplificador 45 presenta preferentemente un convertidor de impedancia integrado. Podría estar previsto un convertidor de impedancia separado. La señal amplificada de la caída de tensión se suministra a un convertidor analógico-digital 46. La señal digital convertida por este se suministra a una unidad microprocesadora 47 que comprende un microprocesador. A la unidad microprocesadora está conectada una memoria 48 y/o en la unidad microprocesadora 47 está implementada una memoria. La señal de medición procesada por la unidad microprocesadora 47 es transmitida por una unidad de transmisión 49 a la unidad receptora 33, en el ejemplo de realización representado de forma inalámbrica, por ejemplo a través del estándar bluetooth.

30 Para proporcionar un ancho de banda suficiente, el amplificador 45 presenta un ancho de banda analógico suficiente, preferentemente comprendido en el intervalo de 100 MHz a 1000 MHz, y la velocidad de muestreo del convertidor analógico-digital 46 es suficientemente alta, siendo preferentemente de al menos 1 GHz, con especial preferencia de más de 2 GHz, por ejemplo de 4 GHz o más.

45 La unidad microprocesadora 47 está programada de tal forma que cuenta los impulsos entrantes. Por lo tanto, la unidad microprocesadora 47 forma una unidad de recuento 50 indicada esquemáticamente con líneas discontinuas. Podría estar prevista una unidad de recuento separada.

50 Además, la unidad microprocesadora 47 evalúa las amplitudes de los impulsos, pudiendo correlarse la intensidad de amplitud con una carga (pC). Además, de manera favorable, se evalúan las posiciones de fase de los impulsos registrados. Para ello, existe un temporizador o la unidad microprocesadora 47 está programada de tal manera que forma tal temporizador 51 (podría estar previsto un temporizador 51 separado).

55 Además, la unidad microprocesadora 47 puede programarse de tal forma que forma una unidad de cálculo de correlación 52 (podría estar prevista una unidad de cálculo de correlación separada) por la que pueden ser correlados impulsos en la semionda negativa y en la semionda positiva de la tensión aplicada en el respectivo electrodo 13, 14. De esta manera, se puede obtener información acerca de los patrones de las descargas parciales o de los defectos del aislamiento que las causan. A través de la memoria 48 se produce un almacenamiento intermedio.

60 La alimentación eléctrica se realiza través de una batería o un acumulador 53 que puede estar formado por ejemplo por condensadores acumuladores CAPS o por un acumulador de iones de Li.

65 La transmisión de datos de los sensores de banda ancha 26, 27 se realiza en el ejemplo de realización, como ya se ha mencionado, a una unidad receptora 33 dispuesta dentro del sensor de banda estrecha 32. Desde esta, los datos se transmiten a la unidad de evaluación 35 a través de una unidad intermedia 54 del sensor de banda estrecha 32.

La unidad de evaluación 35 comprende una unidad microprocesadora 62 y un dispositivo de salida, especialmente una pantalla 63 y una impresora. De manera ventajosa, la unidad microprocesadora 62 está programada de tal manera que queda formada una unidad de cálculo de correlación 64, por la que son correlados los valores de medición emitidos por los dos sensores de banda ancha 26, 27. Para ello, se puede formar una señal diferencial entre los valores de medición emitidos por los dos sensores de banda ancha 26, 27. De esta manera, es posible obtener información adicional acerca de las descargas parciales y/o suprimir señales parásitas. Podría estar prevista una unidad de cálculo de correlación 62 separada.

Las señales presentes en las dos impedancias de acoplamiento 30, 31 se suministran a un elemento de sustracción o a un amplificador diferencial 55 del sensor de banda estrecha 32. A través de una unidad procesadora 56 y de la unidad intermedia 54, la señal del sensor de banda estrecha 32 es suministrada también a la unidad de evaluación 35. La unidad procesadora 56 y la unidad intermedia 54 pueden ser parte de una unidad microprocesadora del sensor de banda estrecha 32, es decir, que la unidad microprocesadora está programada para procesar de manera correspondiente las señales y transmitir las a la unidad de evaluación 35.

Sobre la base de las señales recibidas de los sensores de banda ancha 26, 27, la unidad de evaluación 35 puede emitir entre otras cosas la cantidad de los impulsos de descarga parcial y, mediante la suma de los valores de carga asignados respectivamente a los impulsos de descarga parcial, puede emitir un primer valor para la carga total que corresponde a las descargas parciales. Sobre la base de los valores de medición recibidos del sensor de banda estrecha 32, la unidad de evaluación 35 puede emitir un segundo valor para la carga total que corresponde a las descargas parciales.

Un procedimiento de medición para medir descargas parciales en un líquido aislante puede realizarse de la siguiente manera:

Mediante una tensión ascendente, aplicada en el devanado primario del transformador 17, se pueden incrementar las tensiones aplicadas en los electrodos 13, 14, por ejemplo con un ascenso de 1 kV/s. La tensión se incrementa a un respectivo nivel de tensión en el que la tensión se mantiene durante un período de tiempo predefinido, por ejemplo durante 10 min.. Por ejemplo, el ascenso de un nivel de tensión al siguiente puede ser de 2,5 kV por electrodo (de manera que la diferencia de potencial existente entre los electrodos se incrementa en 5 kV respectivamente).

En un respectivo nivel de tensión se miden descargas parciales. Si durante un período de tiempo de observación predefinido, por ejemplo de 10 min., se observan uno o varios impulsos de descarga parcial, la diferencia de potencial existente entre los electrodos 13, 14 es considerada como PDIV (Partial Discharge Inception Voltage).

La tensión se sigue incrementando gradualmente hasta que en un nivel de tensión se sobrepasa un valor de carga total predefinido de la descarga parcial, por ejemplo un valor de carga de más de 100 pC. Se graban la cantidad de los impulsos de tensión detectados en esta etapa de descarga parcial y el valor de tensión de dicha etapa de tensión. De esta manera, se determinan valores característicos para las descargas parciales.

El procedimiento de medición descrito también podría modificarse de tal forma que la tensión se incremente de forma continua, por ejemplo, con 0,5 kV/s a 5 kV/s, hasta que se detecten descargas parciales. Tras el comienzo de las primeras descargas parciales, la tensión se sigue incrementando todavía un poco más, por ejemplo un 10%, y después de registrar las descargas parciales durante un período de tiempo predefinido, por ejemplo, 2 min. Durante ello se pueden registrar magnitudes características de las descargas parciales, especialmente su cantidad, sus tamaños y sus posiciones de fase.

La figura 5 muestra una vista oblicua de una forma de realización posible para una célula de ensayo 11. El recipiente 12 que aloja los electrodos 13, 14 está compuesto de un material aislante, en este caso transparente. Mediante un nonio 57, la distancia entre el primer y el segundo electrodo 13, 14 se puede ajustar a un valor deseado. El líquido aislante se introduce a través de una entrada 58 y se evacua a través de una salida 59. A través de un sensor de temperatura 60 se puede registrar la temperatura del líquido aislante. Además, existe una salida de gas 61. A través de esta, el gas originado durante las descargas parciales puede ser extraído y analizado.

De manera ventajosa, una unidad de medición según la invención para medir descargas parciales puede estar realizada de tal forma que adicionalmente se pueda medir también la tensión disruptiva de un líquido aislante. Para ello, se puede recurrir de manera convencional a los condensadores de acoplamientos 28, 29.

La corriente que fluye a través de la toma central 18 puede medirse para desconectar las tensiones en caso de una descarga disruptiva.

Igualmente, a través de los condensadores de acoplamiento 28, 29 puede vigilarse la tensión aplicada en los electrodos 13, 14, para en caso del rebase negativo de un nivel de tensión predefinido, por ejemplo 100 V, detectar la descarga disruptiva y realizar la desconexión de la tensión. De esta manera, se consiguen tiempos de

desconexión del orden de microsegundos, para mantener lo más reducidas posible la formación de gas y la erosión de los electrodos.

5 En una forma de realización modificad de la invención, se podrían suprimir las impedancias de medición 24, 25 y los impulsos de corriente provocados por las descargas parciales podrían registrarse de otra manera para obtener valores de medición para las descargas parciales. La figura 6 muestra esquemáticamente un sensor de banda ancha 26 o 27 que registra mediante una bobina de Rogowsky 67 impulsos de corriente provocados por descargas parciales en la línea 20 o 21. Según otra modificación, la pieza 67 también podría simbolizar un núcleo magnético con un sensor de efecto Hall.

10 La figura 7 muestra esquemáticamente otra posibilidad para la realización de un sensor de banda ancha 26, 27 que registra sin contacto los impulsos de corriente en las líneas 20, 21, y este presenta una antena 68 para la recepción del campo electromagnético irradiado por la línea 20, 21.

15 Estos sensores de banda ancha 26, 27 que trabajan sin contacto están dispuestos preferentemente a su vez entre el primer o el segundo electrodo 13, 14 y el primer o el segundo condensador de acoplamiento 28, 29, por ejemplo en las zonas en las que están representadas las impedancias de medición 24, 25 en la figura 3.

20 Los sensores de banda ancha 26, 27 por tanto podrían registrar sin contacto los valores de medición para las descargas parciales, pudiendo estar preferentemente aislados eléctricamente frente a las líneas 20, 21 que llevan alta tensión. En este caso, los sensores de banda ancha 26, 27 no tendrían que estar conectados a alta tensión y la transmisión de datos de los valores de medición podría realizarse partiendo de los sensores de banda ancha 26, 27, a través de líneas eléctricas 69, 70. Estas podrían extenderse por ejemplo directamente hacia la unidad de evaluación 35. Evidentemente, igualmente es posible una transmisión a través del espacio libre o a través de un cable de fibra óptica.

Leyenda relativa a las cifras de referencia:

- 1 Recipiente
- 30 2 Electrodo
- 3 Electrodo
- 4 Línea
- 5 Impedancia de medición
- 6 Sensor de banda ancha
- 35 7 Condensador de acoplamiento
- 8 Impedancia de acoplamiento
- 9 Sensor de banda ancha
- 10 Diagrama
- 11 Célula de ensayo
- 40 12 Recipiente
- 13 Primer electrodo
- 14 Segundo electrodo
- 15 Primera fuente de tensión
- 16 Segunda fuente de tensión
- 45 17 Transformador
- 18 Toma central
- 19 Potencial de tierra
- 20 Primera línea eléctrica
- 21 Segunda línea eléctrica
- 50 22 Primera resistencia de protección
- 23 Segunda resistencia de protección
- 24 Primera impedancia de medición
- 25 Segunda impedancia de medición
- 26 Primer sensor de banda ancha
- 55 27 Segundo sensor de banda ancha
- 28 Primer condensador de acoplamiento
- 29 Segundo condensador de acoplamiento
- 30 Primera impedancia de acoplamiento
- 31 Segunda impedancia de acoplamiento
- 60 32 Sensor de banda estrecha
- 33 Unidad receptora
- 34 Jaula de Faraday
- 35 Unidad de evaluación
- 36 Nivel de líquido
- 65 37 Pieza inferior
- 38 Cubierta

	39	Aislador
	40	Aislador
	41	Aislador
	42	Aislador
5	43	Pieza superior
	44	Junta AF
	45	Amplificador
	46	Convertidor analógico-digital
	47	Unidad microprocesadora
10	48	Memoria
	49	Unidad de transmisión
	50	Unidad de recuento
	51	Temporizador
	52	Unidad de cálculo de correlación
15	53	Acumulador
	54	Unidad intermedia
	55	Amplificador de diferencia
	56	Unidad procesadora
	57	Nonio
20	58	Entrada
	59	Salida
	60	Sensor de temperatura
	61	Salida de gas
	62	Unidad microprocesadora
25	63	Pantalla
	64	Unidad de cálculo de correlación
	65	Cable de fibra óptica
	66	Cable de fibras óptica
	67	Bobina de Rogowsky
30	68	Antena
	69	Línea eléctrica
	70	Línea eléctrica

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición para medir descargas parciales en líquidos aislantes, que comprende primeros y segundos electrodos (13, 14) que están dispuestos en un recipiente para la recepción del líquido aislante que ha de ser medido y entre los que se puede aplicar una tensión, al menos un sensor de banda ancha (26, 27) capaz de emitir valores de medición para las descargas parciales, y una jaula de Faraday (34), dentro de la que está dispuesto el recipiente (12) con los electrodos (13, 14), caracterizado por que el dispositivo de medición comprende primeras y segundas fuentes de tensión (15, 16), con las que en los dos electrodos (13, 14) puede aplicarse respectivamente una tensión alterna con respecto a un potencial de tierra (19), y las tensiones alternas aplicadas en los dos electrodos (13, 14) presentan amplitudes al menos sustancialmente idénticas y están desfasadas 180° una respecto a otra.
2. Dispositivo de medición según la reivindicación 1, caracterizado por que el al menos un sensor de banda ancha (26, 27) para registrar impulsos de corriente provocados por descargas parciales registra la caída de tensión en una impedancia de medición o por que el al menos un sensor de banda ancha (26, 27) para registrar impulsos de corriente provocados por descargas parciales presenta una bobina de Rogowsky o un sensor de efecto Hall o por que el al menos un sensor de banda ancha (26, 27) para registrar impulsos de corriente provocados por descargas parciales presenta una antena que recibe un campo electromagnético provocado por tales impulsos de corriente.
3. Dispositivo de medición según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que un primer sensor de banda ancha (26) registra impulsos de corriente provocados por descargas parciales en una primera línea eléctrica (20) que se extiende entre la primera fuente de tensión (15) y el primer electrodo (13), o un campo electromagnético provocado por tales impulsos de corriente o una caída de tensión en una primera impedancia de medición (24) conectada en la primera línea (20), y por que un segundo sensor de banda ancha (27) registra impulsos de corriente provocados por descargas parciales en una segunda línea eléctrica (21) que se extiende entre la segunda fuente de tensión (16) y el segundo electrodo (14), o un campo electromagnético provocado por tales impulsos de corriente o una caída de tensión en una segunda impedancia de medición (25) conectada en la segunda línea (21).
4. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que un respectivo sensor de banda ancha (26, 27) transmite los valores de medición registrados a una unidad receptora (33) por medio de una unidad de transmisión (49), a través del espacio libre o a través de un cable de fibra óptica (65, 66).
5. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que un respectivo sensor de banda ancha (26, 27) está alimentado con corriente por una respectiva batería o un respectivo acumulador (53).
6. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la primera y segunda fuentes de tensión (15, 16) están formadas por primeros y segundos devanados secundarios de un transformador (17), estando puesta a potencial de tierra (19) una toma central (18) situada entre el primer y el segundo devanado secundario.
7. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que un respectivo sensor de banda ancha (26, 27) comprende un convertidor A/D.
8. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que un respectivo sensor de banda ancha (26, 27) comprende una unidad de recuento (50) para el recuento de los impulsos provocados por descargas parciales.
9. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que un respectivo sensor de banda ancha (26, 27) comprende un temporizador (51) para registrar posiciones de fase de impulsos provocados por las descargas parciales.
10. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que un respectivo sensor de banda ancha (26, 27) presenta una unidad de cálculo de correlación (52) para la correlación de impulsos provocados por descargas parciales que se producen durante la semionda positiva de la tensión aplicada en el respectivo electrodo (13, 14), con impulsos provocados por descargas parciales que se producen durante la semionda negativa de la tensión aplicada en el respectivo electrodo (13, 14).
11. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 3 a 10, caracterizado por que una unidad de evaluación (35) comprende una unidad de cálculo de correlación (62) para la correlación de valores de medición emitidos por el primer sensor de banda ancha (26) con valores de medición emitidos por el segundo sensor de banda ancha (27).
12. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que a una primera línea eléctrica (20) que conecta el primer electrodo (13) a la primera fuente de tensión (15) está acoplado un primer condensador de acoplamiento (28) que a través de una primera impedancia de acoplamiento (30) está conectado al

potencial de tierra (19), estando suministrada a un sensor de banda estrecha (32) la tensión aplicada en la primera impedancia de acoplamiento (30).

5 13. Dispositivo de medición según la reivindicación 12, caracterizado por que a una segunda línea eléctrica (21) que conecta el segundo electrodo (14) a la segunda fuente de tensión (16) está acoplado un segundo condensador de acoplamiento (29) que a través de una segunda impedancia de acoplamiento (31) está conectado al potencial de tierra (19), presentando el sensor de banda estrecha (32) un amplificador diferencial (55) para registrar la diferencia entre la tensión aplicada en la primera impedancia de acoplamiento (30) y la tensión aplicada en la segunda impedancia de acoplamiento (31).

10 14. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que las piezas del dispositivo de medición que llevan alta tensión están dispuestas de forma simétrica con respecto a la jaula de Faraday (34).

15 15. Procedimiento para la medición de descargas parciales en líquidos aislantes, en el que entre un primer y un segundo electrodo (13, 14) que están dispuestos en el líquido aislante que ha de ser medido se aplica una tensión y las descargas parciales provocadas por la tensión aplicada se miden con al menos un sensor de banda ancha (26, 27), caracterizado por que en el primer y el segundo electrodo (13, 14) se aplica respectivamente una tensión alterna con respecto al potencial de tierra (19), y las dos tensiones alternas presentan amplitudes al menos sustancialmente
20 idénticas y están desfasadas 180° una respecto a otra.

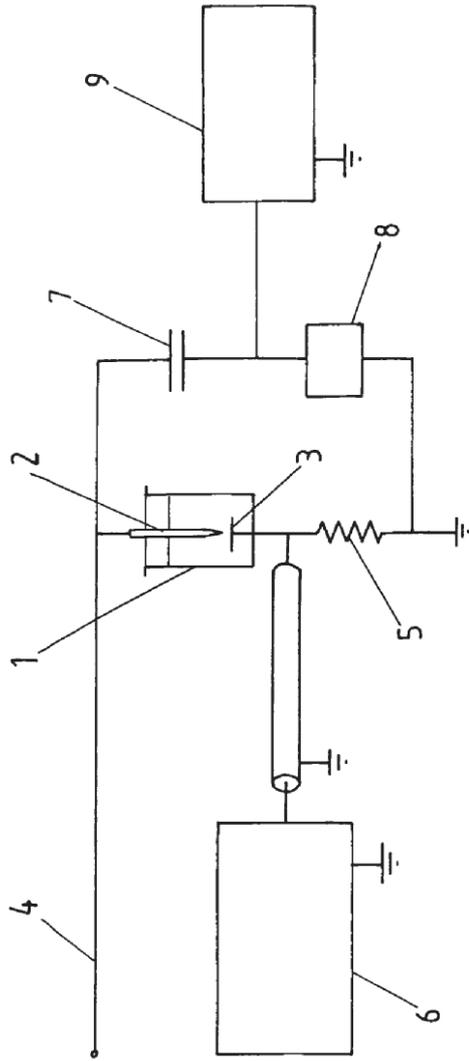


Fig. 1

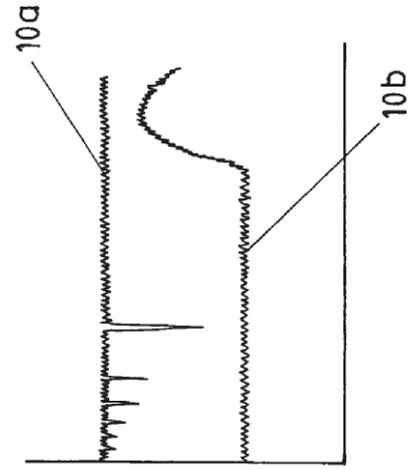


Fig. 2

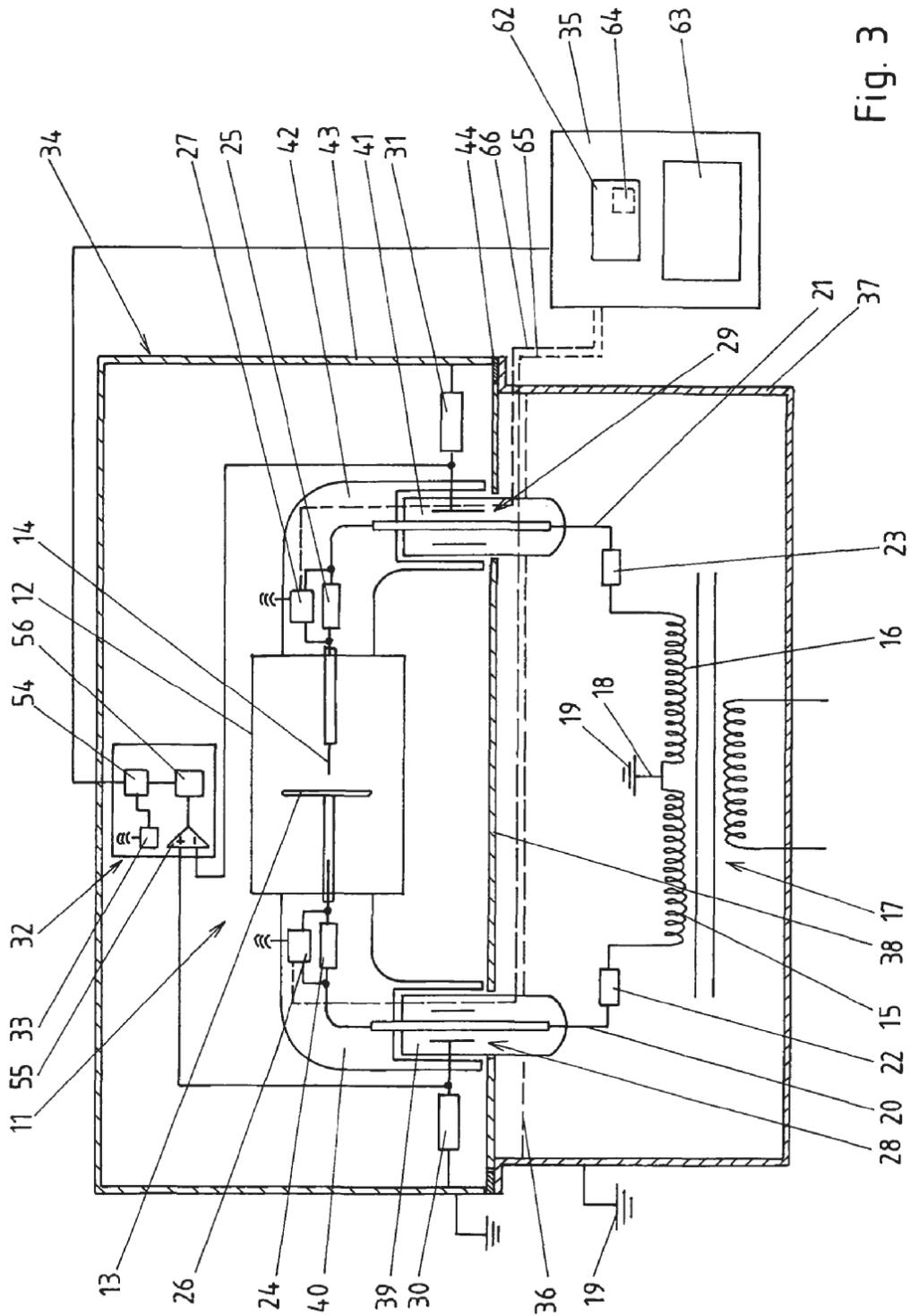


Fig. 3

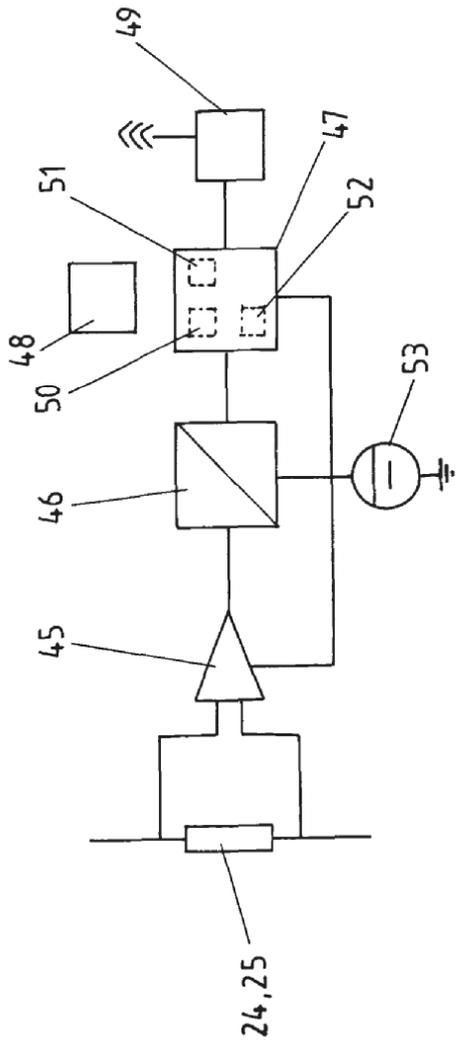


Fig. 4

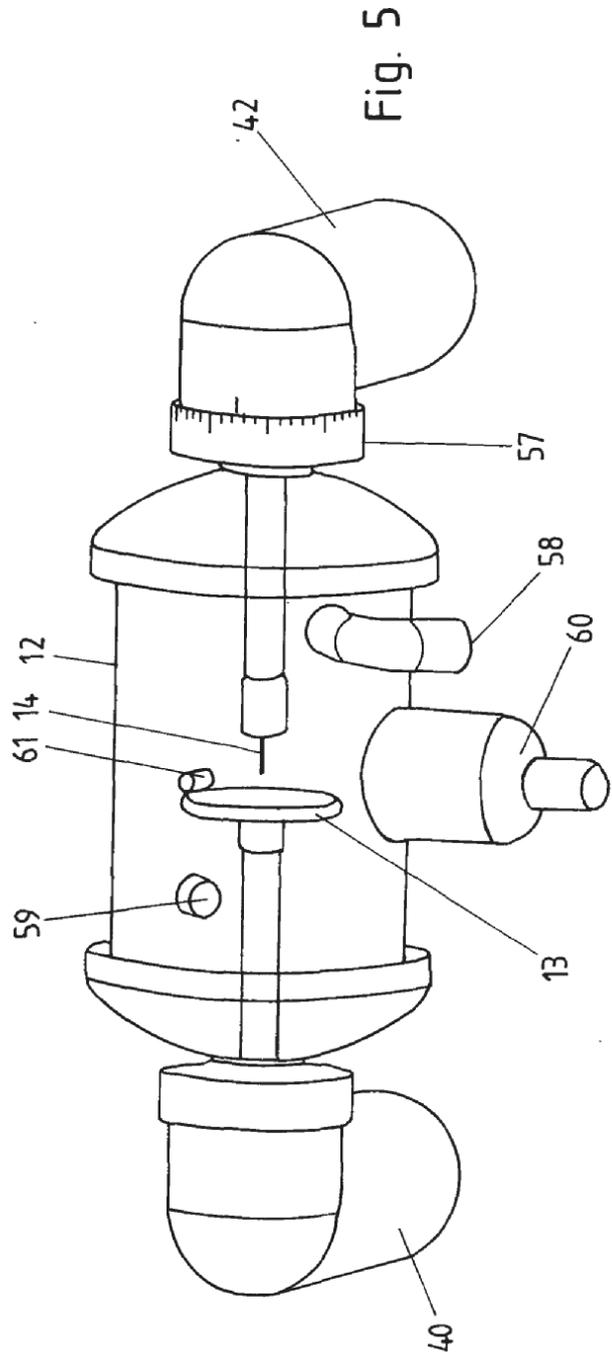


Fig. 5

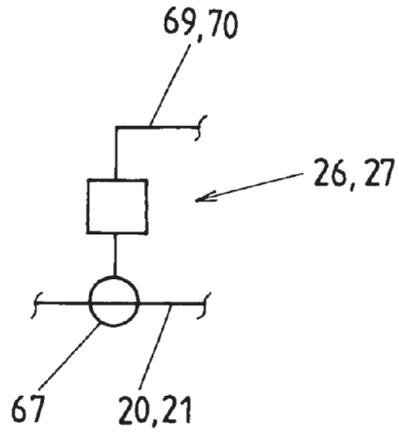


Fig. 6

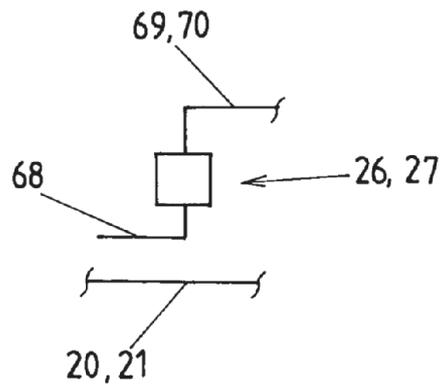


Fig. 7