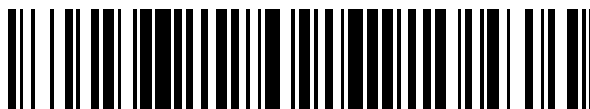


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 248**

51 Int. Cl.:

H02G 15/103 (2006.01)

G01D 5/26 (2006.01)

G01R 31/12 (2010.01)

G01D 5/353 (2006.01)

G01R 31/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2011** **E 11192360 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020** **EP 2472689**

54 Título: **Conjunto de alta tensión y procedimiento para la detección de descargas parciales en conjuntos de alta tensión**

30 Prioridad:

28.12.2010 DE 102010061606

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

26.11.2020

73 Titular/es:

**BAM BUNDESANSTALT FÜR
MATERIALFORSCHUNG UND -PRÜFUNG (50.0%)
Unter den Eichen 87
12205 Berlin, DE y
IPH INSTITUT "PRÜFFELD FÜR ELEKTRISCHE
HOCHLEISTUNGSTECHNIK" GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**HABEL, WOLFGANG y
HEIDMANN, GERD**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 796 248 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

Conjunto de alta tensión y procedimiento para la detección de descargas parciales en conjuntos de alta tensión

La presente invención se refiere a un procedimiento para la detección de descargas parciales (PD por sus siglas en inglés) y/o de daños estructurales en un aislamiento en conjuntos de alta tensión, así como un conjunto de alta tensión correspondiente según la reivindicación 1.

En instalaciones eléctricas para el suministro de energía, debido a influencias perjudiciales en el conjunto de alta tensión y fenómenos de envejecimiento de los aislamientos se producen frecuentemente averías. Principalmente estas averías se originan debido a descargas parciales. Durante las descargas parciales se forman las así llamadas arborescencias de descarga parcial que crecen con el paso del tiempo y producen finalmente una descarga disruptiva eléctrica, en el caso de que las instalaciones correspondientes no se desconecten a tiempo. Las descargas parciales en aislamientos de conjuntos de cable, como cajas terminales y manguitos para cables para cables de corriente de alta intensidad o cables de alta tensión, pueden producir en una fase avanzada por tanto la destrucción total de cable de los conjuntos de cable. A este respecto, debido a la liberación de energía elevada asociada con la descarga disruptiva pueden dañarse otras partes de las instalaciones. Por lo tanto, los daños de estos sucesos más bien raros pueden ser considerables. Por tanto existe una demanda de detectar y valorar de manera fiable, a ser posible durante el funcionamiento, fenómenos de envejecimiento o descargas parciales en aislamientos de conjuntos de alta tensión.

Un método establecido hasta ahora consiste en la medición de impulsos de corriente eléctrica y/o señales electromagnéticas que están asociadas a la aparición de descargas parciales. Sin embargo, la interpretación de estos resultados de medición en condiciones prácticas con frecuencia es difícil debido a perturbaciones electromagnéticas. Además, estas mediciones son muy complejas y requieren normalmente la construcción de instalaciones de medición y de prueba adecuadas in situ. Por tanto la vigilancia se realiza normalmente solo en intervalos de tiempo mayores o suponiendo daños que se producen. Además la sensibilidad de medición está limitada por perturbaciones medioambientales electromagnéticas, de modo que se registran descargas parciales solo en una fase tardía, es decir poco antes de la ruptura. Pueden llevarse a cabo mediciones electromagnéticas concretamente solo en zonas de acceso seguras, es decir fuera de la zona de alta tensión.

Debido a la mayor distancia con respecto al lugar de la descarga parcial pueden detectarse por tanto solo descargas parciales a partir de una intensidad determinada. El estado de la técnica puede encontrarse en los documentos DE 14 90 580 A1, DE 10 2009 007142 A1 y US 2005/134837 A1.

En cuanto lo dicho anteriormente, la presente invención propone un conjunto de alta tensión de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7.

De acuerdo con un ejemplo de realización, el conjunto de alta tensión está realizado de modo que puede alojar un cable de alta tensión con un conductor configurado para conducir corriente eléctrica y un aislamiento de cable que rodea el conductor. El conjunto de alta tensión comprende un aislamiento que comprende una parte de control de campo, que está configurada para rodear el aislamiento de cable al menos parcialmente. Normalmente la parte de control de campo es un cuerpo de control de campo de elastómero con deflector integrado para la modificación del recorrido de campo eléctrico en el conjunto de alta tensión. El control de campo ocupa para ello normalmente el espacio en el conjunto de alta tensión en el que la intensidad de campo en el funcionamiento de alta tensión es demasiado grande para el resto del aislamiento. La parte de control de campo puede estar configurada en particular como cono de alivio con un deflector conductor integrado. Con ello la parte de control de campo puede guiar las líneas de campo en el funcionamiento de alta tensión del conjunto de alta tensión, de modo que la intensidad de campo fuera de la parte de control de campo sea lo suficientemente baja. Además el conjunto de alta tensión comprende al menos un sensor de fibra óptica acoplado mecánicamente con la parte de control de campo que normalmente está dispuesto en el interior del conjunto de alta tensión. El al menos un sensor de fibra óptica está configurado de modo que puede detectar una deformación mecánica del aislamiento. Con ello puede comprobarse una descarga parcial eléctrica que aparece en el aislamiento del conjunto de alta tensión o en el aislamiento de cable a través de una deformación del aislamiento asociada a esta.

El concepto "alta tensión", como se emplea en la presente memoria, comprende tensiones por encima de aproximadamente 1 kV, en particular el concepto alta tensión comprende los intervalos de tensión nominal habituales en la transmisión de energía, de la tensión media de aproximadamente 3 kV a aproximadamente 50 kV, de la alta tensión de aproximadamente 50 kV a aproximadamente 110 kV como también tensiones extremadamente altas hasta aproximadamente 500 kV actualmente. Para el caso de que las tensiones de servicio de cable sigan aumentando, estos intervalos de tensión también deben estar comprendidos. A este respecto puede tratarse tanto de tensiones continuas como de tensiones alternas. El concepto "cable de alta tensión", como se emplea en la presente memoria, va a describir un cable que es adecuado para guiar corriente de alta intensidad, es decir corriente eléctrica de más de aproximadamente un amperio en tensiones por encima de aproximadamente 1 kV. En lo sucesivo los conceptos cable de alta tensión y cable de corriente de alta intensidad se emplean como sinónimos. De manera correspondiente el concepto del "conjunto de alta tensión" o "conjunto de cable de alta tensión" comprende un dispositivo que es adecuado para conectar entre sí instalaciones de alta tensión y/o cables de alta tensión.

El concepto "descarga parcial", como se emplea en la presente memoria, describe descargas breves, pobres en energía y delimitadas localmente en el aislamiento que no producen inmediatamente una descarga disruptiva eléctrica pero dañan de forma irreversible el material del aislamiento. El concepto "descarga parcial" comprende en particular el concepto de la "descarga parcial interna", es decir un fenómeno de descarga no necesariamente visible en el exterior en materiales aislantes no gaseosos, en particular en materiales aislantes sólidos. Partiendo de puntos defectuosos, como cavidades e inclusiones de cuerpos extraños o superficies límite a otros materiales, en particular a conductores que guían alta tensión, las descargas parciales producen arborescencias de descarga parcial que crecen con el paso del tiempo en el material aislante, lo que puede producir finalmente una descarga disruptiva. Las arborescencias de descarga parcial tienen normalmente un tamaño de más de aproximadamente 1 μm (micrómetro). Como medida para la intensidad de una descarga parcial puede emplearse la carga aparente que puede medirse directamente en conexiones de prueba de una disposición de medición eléctrica. El concepto "descarga parcial", como se emplea en la presente memoria, comprende en particular descargas en el aislamiento con cargas aparentes de más de aproximadamente 1 pC. En función de la intensidad las descargas parciales están asociadas a emisiones acústicas breves en el intervalo de aproximadamente 10 kHz a aproximadamente algunos cientos de kHz. Mediante modificaciones electroquímicas (contracción de reacción) y/o durante las descargas parciales pueden desarrollarse tensiones mecánicas, y por consiguiente formarse grietas y fisuras en el material aislante.

Normalmente el sensor de fibra óptica está en contacto directo con el aislamiento, por ejemplo incluido al menos parcialmente en la parte de control de campo y con ello durante el funcionamiento se encuentra en el campo de alta tensión eléctrico. Por ello pueden detectarse ya descargas parciales relativamente débiles sin estructuras de medición externas complejas. Los sensores de fibra óptica pueden realizarse por un lado con alta sensibilidad, por otro lado pueden fabricarse a partir de exclusivamente materiales dieléctricos, de modo que en principio pueden utilizarse en el campo de alta tensión, es decir cerca de regiones amenazadas por descarga parcial o incluso en regiones amenazadas de descarga parcial, sin modificar de forma significativas el campo de alta tensión. Esto permite además una vigilancia sencilla y continua del estado del aislamiento durante el funcionamiento del conjunto de alta tensión, por ejemplo mediante transferencia de los resultados de medición a una unidad de evaluación central. De este modo puede detectarse a tiempo una amenaza de descarga disruptiva en el conjunto de alta tensión, la instalación puede desconectarse y evitarse daños resultantes mediante intercambio del aislamiento envejecido o de todo el conjunto de alta tensión.

En particular el conjunto de alta tensión puede ser un conjunto de cable de alta tensión, por ejemplo un manguito para cables o una cabeza de cable. Los aislamientos en los manguitos para cables y cabezas de cable en particular cerca de extremos de conductor y/o cerca de aberturas del aislamiento de cable están sometidos a intensidades de campo eléctrico normalmente altas. Por tanto, una detección temprana de descargas parciales de sensores de fibra óptica en estos dispositivos puede contribuir especialmente al aumento de la seguridad operativa.

De acuerdo con un ejemplo de realización la parte de control de campo se compone de un elastómero, por ejemplo de un elastómero de silicona. En este puede integrarse fácilmente el sensor de fibra óptica.

El sensor de fibra óptica es adecuado para medir una magnitud mecánica del aislamiento. La magnitud mecánica que va a registrarse puede ser una expansión, una variación de grosor, una presión o una tensión mecánica, una deformación, una magnitud que caracteriza una oscilación mecánica y/o una magnitud que caracteriza la onda mecánica, es decir una onda acústica que se propaga y/o parte del aislamiento. La magnitud mecánica puede comprender en particular una frecuencia acústica, una presión acústica, y/o una intensidad acústica. El sensor de fibra óptica puede ser un extensómetro y/o un sensor de flexión y/o un sensor acústico. El sensor de fibra óptica está realizado preferiblemente de modo que puede detectar oscilaciones mecánicas con frecuencias en el intervalo de aproximadamente 10 kHz a aproximadamente 5 MHz, en particular en el intervalo de aproximadamente 10 kHz a aproximadamente 500 kHz. Estas frecuencias son especialmente características para descargas parciales. El sensor de fibra óptica puede ser a este respecto un sensor sensible a la fase, por ejemplo un sensor interferométrico, pero también un sensor sensible a la potencia, es decir un sensor de medición de intensidad.

De acuerdo con un perfeccionamiento el sensor de fibra óptica es un sensor de punta de fibra, es decir se utiliza un sensor en el que una punta de fibra o un extremo de fibra se utiliza como elemento de medición flexible. Debido al tamaño reducido de la punta de fibra del sensor de punta de fibras el sensor de fibra óptica en el aislamiento puede colocarse en un lugar favorable para la detección.

De acuerdo con un ejemplo de realización más se facilita un procedimiento para la detección de una descarga parcial en un aislamiento de un conjunto de alta tensión. El procedimiento presenta a este respecto la etapa de la medición de una magnitud mecánica del aislamiento por medio de un sensor de fibra óptica acoplado mecánicamente con el aislamiento, que normalmente está dispuesto en el interior del conjunto de alta tensión. Esto permite una vigilancia sencilla de procesos de descarga parcial y con ello del estado de envejecimiento del conjunto de alta tensión. Por ejemplo la medición de una magnitud mecánica puede comprender la medición de una presión, de una tensión, de una deformación reversible o irreversible y/o una oscilación en el aislamiento. Además, la medición de la magnitud mecánica se realiza normalmente cuando una corriente atraviesa el conjunto de alta tensión. Con ello el conjunto de alta tensión puede vigilarse durante el funcionamiento.

De acuerdo de un perfeccionamiento el procedimiento se lleva a cabo de forma continua y/o controlada por eventos, en donde se hacen funcionar uno o varios sensores. Con ello va a garantizarse que se registren todas las descargas parciales que aparecen u otras influencias perjudiciales. Por el concepto "medición continua en el tiempo", tal como se emplea en la presente memoria, se entiende una medición que puede detectar también señales cortas individuales en la zona por encima de algunos milisegundos en un periodo de varias horas, normalmente varios días, o incluso varias semanas y meses. El procedimiento puede estar realizado por ejemplo de modo que un detector conectado con el sensor de fibra óptica durante un periodo de duración de hasta meses detecta en general las señales ópticas suministradas por el sensor de fibra óptica, realiza la evaluación propiamente dicha de la medición o determinación de la magnitud mecánica en correlación con esta en una unidad de evaluación aunque solo en caso de una variación de la señales ópticas, es decir, cuando la magnitud mecánica se ha modificado mediante un evento, como una descarga parcial eléctrica.

Otras configuraciones ventajosas, detalles, aspectos y características de la presente invención resultan de las reivindicaciones dependientes, de la descripción así como los dibujos adjuntos. En ellos muestra:

la figura 1 una sección transversal esquemática de un conjunto de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización;

la figura 2 una sección transversal esquemática de un conjunto de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización adicional

la figura 3 una sección transversal esquemática de un conjunto de alta tensión según otro ejemplo de realización adicional

la figura 4 una sección transversal esquemática de un conjunto de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización adicional y

la figura 5 una sección transversal esquemática de un conjunto de alta tensión según otro ejemplo de realización adicional.

la figura 6 una sección transversal esquemática de un conjunto de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización adicional.

La figura 1 muestra un conjunto 100 de alta tensión para el alojamiento de un cable 1 de alta tensión, de acuerdo con un ejemplo de realización en una vista central esquemática en sección transversal a lo largo del eje de cilindro del cable 1 de alta tensión. El cable 1 de alta tensión rotacionalmente simétrico contiene en el interior un conductor 11 para conducir corriente de intensidad, por ejemplo un conductor de aluminio o cobre que está rodeado por un aislamiento 12 de cable, normalmente un aislamiento de VPE (polietileno reticulado), y una pantalla 13 de cable externo, por ejemplo una capa conductora externa o un blindaje de cable externo semiconductor. Además el cable 1 de alta tensión puede presentar adicionalmente capas de revestimiento y una pantalla de cobre y una envoltura externa para protegerse de influencias medioambientales. A este respecto puede tratarse de una envoltura de polietileno o una envoltura de otro material exento de halógeno. Estos componentes en la figura 1 y las figuras siguientes no están representados para una mayor claridad. Además el cable 1 de alta tensión puede presentar una capa conductora interna entre el conductor 11 y el aislamiento VPE. Esta capa conductora interna tampoco está representada.

El conjunto 100 de alta tensión representado en la figura 1 representa una cabeza 100 de cable como se emplea por ejemplo en líneas aéreas. La cabeza 100 de cable tiene una carcasa 110, por ejemplo, una carcasa de cerámica que aísla las partes internas del conjunto 1 de alta tensión frente al entorno. En el interior de la carcasa está dispuesta una región aislante 2. La región aislante 2 puede formarse por ejemplo por un espacio aislante llenado con aceite o gas. La región aislante 2 forma esencialmente una zona con simetría cilíndrica.

En el cable 1 de alta tensión introducido en la cabeza de cable se han eliminado las capas externas (envoltura de cable, capas de revestimiento y pantalla metálica), la pantalla 13 de cable externo normalmente semiconductor sigue hasta la zona de la parte de control de campo, y después sigue axialmente atravesando la caja terminal hasta la guarnición de cabeza solo hasta el aislamiento 12 de cable con el conductor 11. Solo el conductor 11 se guía por completo a través de la cabeza 100 de cable para conectarse a la línea aérea en la zona derecha de la figura 1 tras abandonar la cabeza 100 de cable. En el interior de la cabeza 100 de cable el conductor 11 solo está rodeado directamente por la región aislante 2 en la zona del aislamiento de cable eliminado. Para el alojamiento del cable 1 de alta tensión en la región aislante 2 está insertada una parte 3 de control de campo aislante eléctricamente con simetría rotacional que ocupa el espacio dentro de la región aislante 2 en el que la intensidad de campo eléctrica sería demasiado grande para los materiales aislantes en la región aislante 2. La parte 3 de control de campo dispone de un cilindro hueco interno en el que puede insertarse el cable 1 de alta tensión. Por ejemplo la parte 3 de control de campo puede estar realizada como cono de alivio. Normalmente la parte 3 de control de campo es una parte de control de campo de elastómero que consta de un cuerpo de elastómero, por ejemplo de un cuerpo de elastómero de silicona. El cilindro hueco interno está dimensionado normalmente de modo que entre el aislamiento 12 de cable del cable 1 insertado y la parte 3 de control de campo se presenta un ajuste forzado y la parte 3 de control de campo forma por consiguiente un cono de esfuerzo. La región aislante 2 y la parte 3 de control de campo forman conjuntamente el aislamiento 2, 3 de la cabeza 100 de cable.

- La parte 3 de control de campo y/o el cable 1 de alta tensión pueden fijarse adicionalmente, por ejemplo a través de resortes, en la carcasa 110 o en una zona 5 de la región aislante 2 cercana al cable situada a potencial de tierra, por ejemplo cuando la región aislante 2 está formada por un cuerpo aislante sólido. Una fijación de este tipo de la parte 3 de control de campo y/o cable 1 de alta tensión se emplea normalmente en una estructura de la cabeza 100 de cable en una estructura de componentes. Como alternativa a esto la estructura de la cabeza 100 de cable puede estar realizada también en correspondencia con la técnica de enrollado o la técnica de empuje. El aislamiento comprende, independientemente del modo de construcción empleado, una parte 3 de control de campo para el alojamiento del cable 1 con aislamiento 12 de cable parcialmente eliminado y para la guía adecuada de las líneas de campo en el funcionamiento de alta tensión.
- Para la reducción del campo eléctrico se emplea normalmente una parte 3 de control de campo de elastómero en la que está integrado un deflector 4 conductor con forma adecuada. El deflector 4 conductor está en contacto eléctrico con la pantalla 13 de cable. Normalmente el deflector 4 conductor consta igualmente de un elastómero de silicona que sin embargo dispone mediante dotación de una conductividad eléctrica adecuada. Debido a faltas de homogeneidad de materiales o fallos hay normalmente zonas de intensidad de campo elevada. Estas se representan en la figura 1 mediante zonas 8 rodeadas con línea discontinua. La probabilidad para la aparición o inicio de descargas parciales en las zonas 8 con una intensidad de campo elevada se eleva.
- De acuerdo con un ejemplo de realización en el interior del conjunto 100 de alta tensión está dispuesto un sensor 20 de fibra óptica. El sensor 20 de fibra óptica está incluido por completo en la parte 3 de control de campo que rodea el aislamiento 12 de cable del cable 1 de alta tensión y con ello su conductor 11 en la zona anteriormente descrita. La parte 3 de control de campo representa con ello al menos una parte de un aislamiento del conjunto 100 de alta tensión. El sensor 20 de fibra óptica es un sensor que puede detectar una deformación mecánica en un medio colindante, es decir en la parte 3 de control de campo. A través de una o varias una o varias fibras ópticas 50 de suministro pueden alimentarse al sensor 20 de fibra óptica normalmente pasivo señales ópticas de medición o de prueba y expulsarse de nuevo. Con ello se evita una conexión galvánica entre el sensor 20 de fibra óptica y una unidad de evaluación.
- Los sensores de fibra óptica pueden comprobar de manera especialmente sensible deformaciones mecánicas. Además el sensor 20 de fibra óptica normalmente está realizado de modo que solo se compone de materiales dieléctricos, por ejemplo de vidrio o material de polímero, y por tanto la distribución de campo eléctrico en la cabeza 100 de cable no varía o solo de forma insignificante. Por otro lado el sensor 20 de fibra óptica prácticamente no se ve influido por campos electromagnéticos externos. Por tanto el sensor 20 de fibra óptica puede colocarse también cerca de zonas 8 con intensidad de campo especialmente alta, y por tanto cerca de zonas de riesgo, para la detección de descargas parciales. Con ello puede garantizarse una vigilancia sensible de descargas parciales durante el funcionamiento, es decir en condiciones de alta tensión. Esto aumenta la seguridad del funcionamiento de instalaciones de alta tensión. Además, los resultados de medición o las señales de medición pueden transmitirse a través de una o varias fibras 50 ópticas de suministro a una central de vigilancia, de modo que pueden omitirse campañas de medición complejas in situ. Debido a la escasa amortiguación de fibra son posibles incluso mediciones con fibra óptica desde una central de vigilancia a través de grandes distancias.
- En el caso de que la constante dieléctrica efectiva del sensor 20 de fibra óptica se desvíe de la constante dieléctrica de la parte 3 de control de campo, puede producirse una variación de la distribución de campo eléctrica en la parte 3 de control de campo. Para este caso la forma y/o conductividad del deflector 4 conductor puede modificarse de modo que se compensa la modificación del campo eléctrico originada por el sensor 20 de fibra óptica y/o las fibras ópticas 50 de suministro.
- En comparación con sensores electromagnéticos o piezoeléctricos dispuestos fuera del conjunto de alta tensión o estructuras de medición, cuya sensibilidad de medición durante el funcionamiento de alta tensión está limitada por niveles de interferencia básicos electromagnéticos en el intervalo de aproximadamente 20 pC a aproximadamente 50 pC, el sensor 20 de fibra óptica acoplado mecánicamente con el aislamiento permite una detección más sensible de deformaciones y/o vibraciones del aislamiento y con ello una detección más temprana de descargas parciales. Además de la inclusión completa del sensor 20 de fibra óptica ilustrada en la figura 1, es también posible incluir el sensor 20 de fibra óptica solo parcialmente en la parte 3 de control de campo normalmente de elastómero.
- La disposición del sensor 20 de fibra óptica dentro del conjunto 100 de alta tensión lo protege además de influencias externas, de modo que pueden facilitarse sensores fiables y que requieren poco mantenimiento para descargas parciales.
- El sensor 20 de fibra óptica es normalmente un sensor pasivo que se abastece de una señal de prueba óptica, por ejemplo una señal de láser, a través de una de las fibras ópticas 50 de suministro. Estas señales de prueba pueden facilitarse por una unidad de suministro central para uno o varios conjuntos 100 de alta tensión.
- Opcionalmente puede estar previsto generar las señales de prueba óptica, por ejemplo pulsos de láser adecuados, en un equipo 60 de medición y de evaluación situado cerca de la cabeza 100 de cable, y allí llevar a cabo también el registro, procesamiento y/o evaluación de valores de medición. En estos ejemplos de realización normalmente se transfieren solo los resultados de medición en sí a la central de vigilancia. Por ello la cantidad de los datos y su logística puede simplificarse esencialmente. Normalmente el equipo 60 de medición y de evaluación se encuentra a este

respecto fuera de la región de alta tensión, es decir fuera de la cabeza 100 de cable o en la zona 5 cercana al cable situada a potencial de tierra, para no interferir en el sistema electrónico del equipo 60 de medición y de evaluación.

El sensor 20 de fibra óptica puede ser un extensómetro y/o un sensor de flexión. Con ello pueden comprobarse modificaciones de forma de la parte 3 de control de campo, que dan una clara indicación de una ruptura inminente. Por consiguiente puede efectuarse un cambio a tiempo de la cabeza 100 de cable.

El sensor 20 de fibra óptica puede ser en particular un sensor acústico que detecta las emisiones acústicas originadas por descargas parciales. Para ello el sensor 20 de fibra óptica normalmente está configurado de modo que puede detectar oscilaciones mecánicas con frecuencias en el intervalo de aproximadamente 10 kHz a aproximadamente 5 MHz, y en particular frecuencias en el intervalo de aproximadamente 50 kHz a aproximadamente 500 MHz. Sin embargo puede también estar previsto que el sensor 20 de fibra óptica sea sensible solo en zonas parciales seleccionadas o también en bandas de frecuencia seleccionadas relativamente estrechas, estando adaptadas sus zonas parciales o bandas de frecuencia en el caso de los materiales aislantes y tensiones dados a las frecuencias acústicas que van a esperarse de descargas parciales.

Debido al acoplamiento mecánico entre la parte 3 de control de campo, la región aislante 2 y el aislamiento 12 de cable pueden detectarse mediante el sensor 20 de fibra óptica normalmente también eventos acústicos provocados mediante descargas parciales en la región aislante 2 o el aislamiento 12 de cable.

Para comprobar eventos acústicos en la cabeza 100 de cable y/o deformaciones progresivas en la parte 3 de control de campo y/o en la región aislante 2 y/o en el aislamiento 12 de cable pueden emplearse distintos principios de medición. Así, el sensor 20 de fibra óptica puede estar configurado para la medición de una variación de la posición de fase, de la polarización o de la intensidad de luz.

De acuerdo con una forma de realización el sensor 20 de fibra óptica es un sensor de punta de fibra. El sensor de punta de fibra puede constar solo de una punta de fibra o de varias puntas de fibra. Cuando una punta de fibra se incluye en un medio ópticamente transparente o traslúcido, como un elastómero de silicona como aislamiento de cable, o al menos limita con este, entonces mediante la luz retrodispersada en la superficie límite de núcleo de fibra al medio puede deducirse el índice de refracción óptico y con ello la densidad del elastómero colindante. Por consiguiente pueden comprobarse ópticamente variaciones de densidad y/u oscilaciones del elastómero a través de la luz retrodispersada.

Normalmente el sensor 20 de fibra óptica es un sensor sensible a la fase, por ejemplo un sensor interferométrico. El sensor 20 de fibra óptica puede ser, por ejemplo, un interferómetro de Fabry-Pérot. Con ello pueden realizarse mediciones especialmente sensibles.

El sensor 20 de fibra óptica puede ser también un sensor de rejilla de fibra Bragg con el que pueden detectarse en particular ondas lambda, es decir ondas de presión y de corte combinadas. El sensor de rejilla de fibra Bragg está realizado a este respecto normalmente de modo que puede detectar deformaciones irreversibles de la parte 3 de control de campo y/o de los eventos acústicos. Mediante las descargas parciales eléctricas pueden ocasionarse deformaciones irreversibles de la parte 3 de control de campo, pero anticiparse a también descargas parciales eléctricas. De este modo por ejemplo en cajas terminales muy grandes con expansiones de hasta algunos metros pueden producirse fenómenos de asiento mecánicos de los componentes correspondientemente pesados. A ello pueden estar asociadas tensiones o deformaciones de la parte 3 de control de campo que a su vez pueden favorecer o iniciar descargas parciales eléctricas. Con un sensor de rejilla de fibra Bragg pueden detectarse por consiguiente también daños estructurales que ocasionan descargas parciales eléctricas.

El sensor 20 de fibra óptica puede ser sin embargo también un sensor de fibra óptica distribuido en cierto sentido. Este consta de una fibra con varios puntos de medición que se encuentran a distancias regulares entre sí. A través de medición de retrodispersión basadas en tiempo pueden detectarse por secciones a lo largo de la fibra en la parte 3 de control de campo de forma irreversible deformaciones y por consiguiente modificaciones que provocan también descargas parciales eléctricas en la parte 3 de control de campo.

La figura 2 muestra un conjunto 101 de alta tensión para el alojamiento de un cable 1 de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización en una vista central esquemática en sección transversal a lo largo del eje de cilindro del cable 1 de alta tensión. El conjunto 101 de alta tensión es similar al conjunto 100 de alta tensión y representa igualmente una cabeza de cable. Sin embargo, en la cabeza 101 de cable el sensor 20 de fibra óptica está dispuesto sobre una superficie de la parte 3 de control de campo en la zona 5 cercana al cable situada a potencial de tierra. Allí, el sensor 20 de fibra óptica puede detectar igualmente una deformación mecánica de la parte 3 de control de campo.

Debido al acoplamiento mecánico entre el control 3 de campo, la región 2 de cuerpo aislante y el aislamiento 12 de cable por el sensor 20 de fibra óptica pueden detectarse normalmente también eventos acústicos provocados mediante descargas parciales en la región 2 de cuerpo aislante o el aislamiento 12 de cable.

La figura 3 muestra un conjunto 102 de alta tensión para el alojamiento de un cable 1 de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización en una vista central esquemática en sección transversal a lo largo del eje de cilindro del cable 1 de alta tensión. El conjunto 102 de alta tensión es similar al conjunto 100 de alta tensión y representa igualmente una cabeza de cable. Sin embargo, la cabeza 102 de cable tiene dos sensores 20 y 21 de fibra óptica para la detección de

deformaciones mecánicas y/u oscilaciones que están incluidos ambos en la parte 3 de control de campo y están conectados a través de fibras ópticas 50 y 51 de suministro respectivas. Ambos sensores 20 y 21 de fibra óptica por ejemplo pueden ser sensibles para eventos acústicos en caso de diferentes frecuencias o en diferentes bandas de frecuencia de descargas parciales. Con ello pueden comprobarse descargas parciales con una tolerancia a fallos y delimitarse frente a oscilaciones provocadas externamente sin tener que alojar un espectro acústico entero. Es obvio que pueden emplearse también más de dos sensores de fibra óptica en el conjunto 102 de alta tensión. En el uso de al menos tres o más de tres sensores de fibra óptica estos pueden emplearse también para la localización exacta de la descarga parcial que provoca la emisión acústica. Esto abre la posibilidad de registrar también de manera cuantitativa el crecimiento de una arborescencia de descarga, lo que puede emplearse para un pronóstico mejorado adicionalmente del estado de envejecimiento del material aislante en la parte 3 de control de campo. Además, uno o varios primeros sensores de fibra óptica pueden ser acústicamente sensibles y uno o varios segundos sensores de fibra óptica pueden estar configurados para la medición de deformaciones irreversibles. Con el uno o los varios primeros sensores de fibra óptica pueden detectarse descargas parciales eléctricas, y con el uno o los varios segundos sensores de fibra óptica pueden detectarse daños estructurales que preceden descargas parciales eléctricas.

La figura 4 muestra un conjunto 103 de alta tensión para el alojamiento de un cable 1 de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización en una vista central esquemática en sección transversal a lo largo del eje de cilindro del cable 1 de alta tensión. El conjunto 103 de alta tensión es similar al conjunto 100 de alta tensión y representa igualmente una cabeza de cable. El sensor 20 de fibra óptica de la cabeza 103 de cable sin embargo no está dispuesto en la parte 3 de control de campo, sino en la región aislante 2 colindante. Sin embargo, la región aislante 2 puede ser una región aislante 2 llena de gas o de aceite. La región aislante 2 no obstante puede ser también un cuerpo aislante sólido 2 en el que el sensor 20 de fibra óptica está incluido. Debido al acoplamiento mecánico entre parte 3 de control de campo y región aislante 2 mediante el sensor 20 de fibra óptica en la región aislante 2 pueden comprobarse también eventos acústicos provocados por descargas parciales en la parte 3 de control de campo y/o en el aislamiento 12 de cable y/o en la región aislante 2.

La figura 5 muestra un conjunto 200 de alta tensión para alojar dos cables 1 y 22 de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización en una vista central esquemática en sección transversal a lo largo del eje de cilindro del cable 1 y 22 de alta tensión orientado coaxialmente. Los cables 1, 22 de alta tensión con simetría rotacional comprenden en cada caso un conductor 11 o 112 para conducir corriente de alta tensión y un aislamiento 12, 122 de cable que rodea el conductor 11, 112 respectivo. El conjunto 200 de alta tensión representa un manguito de cable de alta tensión para unir dos cables de alta tensión. El manguito 200 para cables tiene una carcasa 210, por ejemplo una carcasa de metal en la que el cable 1 y 22 de alta tensión está dispuesto en el centro. Un cono de manguito de elastómero de construcción compleja con partes 3, 32 de control de campo que están incluidas en una región aislante 2 y que reducen de forma definida el campo de alta tensión que aparece en cada caso en los extremos de cable juntos, asume el control de campo de los cables 1 y 22 de alta tensión que van a unirse. La región aislante 2 del manguito 200 para cables se forma normalmente mediante un aislador de resina de moldeo o un cuerpo de silicona. Además, puede establecerse de nuevo el aislamiento y control de campo en la zona de los conductores 11, 112 metálicos unidos. Esto sucede por ejemplo a través de, por ejemplo, una unión de engarce y con un anillo de polímero 7 de conducción débil que están incluidos igualmente en la región aislante 2. El aislamiento 2, 3, 32 del manguito para cables 200 normalmente con simetría rotacional se forma mediante las partes 3, 23 de control de campo y la región aislante 2. Además, la región aislante 2 puede estar aislada mediante un recubrimiento de manguito conductor, externo no representado, que está dispuesto sobre la superficie externa de la región aislante 2, pudiendo quedar un pequeño intersticio con respecto a la carcasa 210, y situado junto con las pantallas 13, 132 de cable a potencial de tierra. Normalmente las partes 3, 32 de control de campo son partes 3, 32 de control de campo de elastómero en las que está integrado un deflector 4, 42 conductor respectivo. El manguito 200 para cables puede estar realizado en una estructura de componente, en la técnica de extrusión o en correspondencia con la técnica de enrollado o la técnica de empuje. Así, el aislamiento del manguito para cables puede constar en la estructura de componente de una parte de control de campo de elastómero continua con deflectores integrados 4, 42 que ocupa el espacio de las partes 3, 32 de control de campo mostradas en la figura 5 y de la región aislante 2, en donde puede quedar un pequeño intersticio con respecto a la carcasa 210, y que está aislada mediante un recubrimiento de manguito conductor, externo a potencial de tierra. Sin embargo, el aislamiento comprende independientemente de la técnica de fabricación al menos una parte 3, 32 de control de campo para el alojamiento de los cables 1, 22 con aislamiento de cable 12, 122 eliminado en los extremos de cable respectivos y para la guía adecuada de las líneas de campo en el funcionamiento de alta tensión.

De acuerdo con una forma de realización un sensor 20 de fibra óptica, como se ha descrito con respecto a las figuras 1 a 4, está dispuesto en la región aislante 2 o está incluido en la región aislante 2. Esto significa que también el sensor 20 de fibra óptica es un sensor que puede detectar una deformación, en particular una deformación oscilante, por ejemplo una oscilación del medio que lo rodea. Con ello pueden comprobarse de manera segura descargas parciales que aparecen en el aislamiento del manguito 200 para cables y observarse fácilmente durante periodos más largos durante el funcionamiento de alta tensión. Es evidente que el sensor 20 de fibra óptica también puede estar incluido en una de las dos o en ambas partes 3 y 32 de control de campo, o estar dispuesto en una superficie una de las dos o ambas partes 3 y 32 de control de campo en la zona 5, 52 respectiva cercana al cable situada a potencial de tierra, así como sobre el recubrimiento de manguito conductor.

La figura 6 muestra un conjunto 201 de alta tensión para alojar dos cables 1 y 22 de alta tensión de acuerdo con un ejemplo de realización en una vista central esquemática en sección transversal a lo largo de los ejes de cilindro de los

cables 1 y 22 de alta tensión orientados coaxialmente. El conjunto 201 de alta tensión es similar al conjunto 200 de alta tensión y representa igualmente un manguito para cables. Sin embargo, en el manguito para cables 201 en cada una de las dos partes 3 y 32 de control de campo está incluido un sensor 20, 21 de fibra óptica que está conectado a través de fibras ópticas 50 o 51 de suministro. Mediante el uso de dos sensores 20, 21 de fibra óptica pueden detectarse de manera segura y/o localizarse mejor deformaciones mecánicas y/o eventos acústicos que aparecen en el manguito 201 para cables, es decir por ejemplo asociarse a una de las dos partes 3 y 32 de control de campo. Además la sensibilidad de medición se aumenta normalmente, dado que los sensores 20, 21 de fibra óptica pueden disponerse más cerca de las zonas 8 más amenazadas de descarga parcial con intensidad de campo elevada.

Ambos sensores 20, 21 de fibra óptica pueden estar dispuestos también en la región aislante 2, en una superficie de la región aislante 2 y/o en cada caso una superficie de las dos partes 3 y 32 de control de campo. Además también pueden estar dispuestos más de dos sensores de fibra óptica dentro del manguito 201 para cables, lo que puede utilizarse para una detección segura y/o localización más exacta de la descarga parcial. Cada uno de los varios sensores de fibra óptica está incluido a este respecto normalmente en la región aislante 2 o en una de las dos o en ambas partes 3 y 32 de control de campo, o está dispuesto en una superficie de la región aislante 2 y/o una de las dos o ambas partes 3 y 32 de control de campo.

De acuerdo con una forma de realización un procedimiento para la detección de descargas parciales en un aislamiento de un conjunto de alta tensión, por ejemplo de un manguito para cables o de una cabeza de cable, comprende la medición de una magnitud mecánica del aislamiento por medio de un sensor de fibra óptica. Normalmente el aislamiento comprende una parte de control de campo, por ejemplo una parte de control de campo de elastómero. El sensor de fibra óptica puede estar dispuesto sobre una superficie de la parte de control de campo y/o estar incluido parcialmente o por completo. Con ello el sensor de fibra óptica está dispuesto normalmente dentro del conjunto de alta tensión. Mediante el uso de sensores de fibra óptica integrados de este tipo pueden detectarse de manera fiable y con gran sensibilidad las deformaciones y/o vibraciones originadas por descargas parciales en el aislamiento de conjuntos de alta tensión. Frente a mediciones electromagnéticas o piezoeléctricas con sensores o estructuras de medición dispuestos fuera del conjunto de alta tensión, los sensores de fibra óptica incluidos parcialmente o por completo en el aislamiento o dispuestos sobre la superficie de la parte de control de campo de elastómero permiten con ello normalmente una detección temprana de descargas parciales. El desarrollo temporal de la descarga parcial puede seguirse con ello a partir de un momento muy temprano. Esto produce un pronóstico mejorado adicionalmente del estado de envejecimiento del aislamiento de cable y contribuye con ello al para el aumento de la seguridad operativa.

La medición de una magnitud mecánica comprende a este respecto normalmente la medición de una presión de una tensión, una deformación y/o de una oscilación en el aislamiento, por ejemplo de un espectro de frecuencia y/o de una duración de ruido estructural. Debido al espectro de frecuencia característico de emisiones acústicas provocadas por descargas parciales las mediciones con fibra óptica de la oscilación en el aislamiento permiten deducir especialmente de manera fiable descargas parciales o el desarrollo asociado a esto de arborescencias de descarga y destrucciones de material.

La medición de la magnitud mecánica se realiza normalmente cuando una corriente atraviesa el conjunto de alta tensión durante el funcionamiento. Esto permite además una medición de la magnitud mecánica continua o dependiente de eventos, es decir una monitorización de descargas parciales durante el funcionamiento. Por ello la seguridad de una red de alta tensión y/o de un equipo de alta tensión, cuyos conjuntos de alta tensión se vigilan con sensores de fibra óptica integrados puede mejorarse adicionalmente.

De acuerdo con una forma de realización las magnitudes mecánicas medidas en cada uno de los conjuntos de alta tensión de una instalación de alta tensión o de una red de alta tensión se transfieren a través de una conexión en línea, por ejemplo a través de una red de fibras de vidrio, a una unidad de evaluación central o unidad de control que asume la monitorización. Esta normalmente en la detección de actividades de descarga parcial emitirá inmediatamente un mensaje de aviso correspondiente. Con ello puede realizarse un cambio a tiempo del conjunto de alta tensión en riesgo de amenaza de ruptura.

A este respecto los sensores de fibra óptica pueden compartir una línea de datos común, por ejemplo una línea óptica de datos para comunicar con la unidad de evaluación central. Una red de fibra óptica de este tipo puede comprender además una fuente de luz central, por ejemplo un láser, fibras de vidrio que guían la luz hacia cada uno de los sensores de fibra óptica pasivos, así como un conjunto adicional de fibras que conduce la luz modulada dado el caso hacia un fotodetector común en la unidad de evaluación central. La comunicación entre los sensores de fibra óptica y la unidad de evaluación central puede realizarse también a través de un multiplexor óptico.

De acuerdo con una forma de realización se facilita un sistema de medición de fibra óptica. El sistema de medición de fibra óptica comprende una unidad de evaluación central, una fuente de luz, normalmente un láser, una unidad de detección con al menos un fotosensor, uno o varios sensores de fibra óptica pasivos que puede detectar una magnitud mecánica y están acoplados mecánicamente con un aislamiento respectivo de un conjunto de alta tensión, así como líneas de fibra óptica, que conectan el uno o los varios sensores de fibra óptica pasivos con la fuente de luz y la unidad de detección. La unidad de detección puede representar a este respecto una parte de la unidad de evaluación central. La unidad de evaluación central está configurada para detectar y/o caracterizar a través de la evaluación de las mediciones de magnitudes mecánicas por medio del uno o de los varios sensores de fibra óptica una descarga parcial

en un aislamiento y/o así como emitir mensajes de aviso correspondientes. Con ello puede facilitarse un sistema de vigilancia sencillo para descargas parciales en conjuntos de alta tensión que permite una monitorización continua durante el funcionamiento de alta tensión de los conjuntos de alta tensión y aumenta por consiguiente su seguridad.

5 La presente invención se ha explicado mediante ejemplos de realización. Estos ejemplos de realización no deberían entenderse de ningún modo como limitativos para la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Conjunto (100, 101, 102, 103, 200, 201) de alta tensión para el alojamiento de un cable (1, 22) de alta tensión con un conductor (11, 112) configurado para conducir corriente eléctrica de más de 1 A en tensiones por encima de 1 kV y un aislamiento (12, 122) de cable que rodea el conductor (11, 112), que comprende:
 - 5 - un aislamiento (2, 3, 32) que comprende una parte (3, 32) de control de campo que está configurada para rodear el aislamiento (12, 122) de cable al menos parcialmente; y
 - al menos un sensor (20, 21) de fibra óptica acoplado mecánicamente con la parte (3, 32) de control de campo que está configurado para detectar en el aislamiento (2, 3, 32) una deformación mecánica provocada en el
 - 10 aislamiento (2, 3, 32) por una descarga parcial eléctrica en forma de oscilaciones mecánicas con frecuencias en el intervalo de aproximadamente 10 kHz a aproximadamente 500 kHz.
2. Conjunto (100, 101, 102, 103, 200, 201) de alta tensión según la reivindicación 1, en donde el al menos un sensor (20, 21) de fibra óptica es un sensor acústico y/o un extensómetro.
3. Conjunto (100, 101, 102, 103, 200, 201) de alta tensión según la reivindicación 1 o 2, en donde el al menos un sensor (20, 21) de fibra óptica es un sensor sensible a la fase.
- 15 4. Conjunto (100, 101, 102, 103, 200, 201) de alta tensión según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un sensor (20, 21) de fibra óptica está incluido al menos parcialmente en la parte (3, 32) de control de campo y/o está dispuesto sobre una superficie de la parte (3, 32) de control de campo, o en donde el aislamiento (2, 3, 32) comprende adicionalmente una región aislante (2) que rodea la parte (3, 32) de control de campo y en la que el al menos un sensor (20, 21) de fibra óptica está incluido al menos parcialmente.
- 20 5. Conjunto (100, 101, 102, 103, 200, 201) de alta tensión según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el conjunto (100, 101, 102, 103, 200, 201) de alta tensión es un manguito (200, 201) para cables o una cabeza (100, 101, 102, 103) de cable.
6. Conjunto (100, 101, 102, 103, 200, 201) de alta tensión según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la parte (3, 32) de control de campo comprende un elastómero.
- 25 7. Procedimiento para la detección de una descarga parcial en el aislamiento (2, 3, 32) de un conjunto (100, 101, 102, 103, 200, 201) de alta tensión según la reivindicación 1, que comprende:
 - medición de una magnitud mecánica del aislamiento (2, 3, 32) por medio del al menos un sensor (20, 21) de fibra óptica.
- 30 8. Procedimiento según la reivindicación 7, en donde la medición de la magnitud mecánica se lleva a cabo cuando una corriente atraviesa el conjunto de alta tensión.
9. Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, en donde la medición de la magnitud mecánica comprende la medición de una presión, de una tensión, de una deformación y/o una oscilación en el aislamiento (2, 3, 32).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 9, en donde la medición se lleva a cabo continuamente en el tiempo y/o controlada por eventos.

35

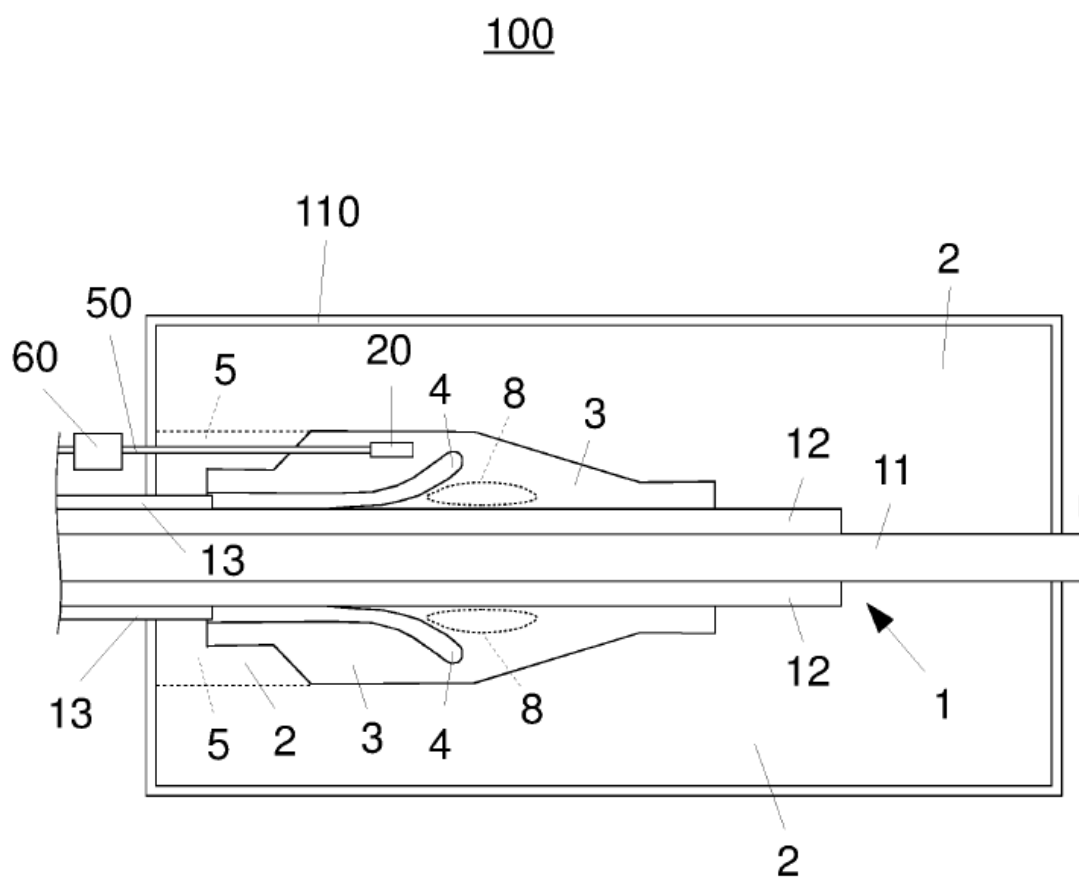


Fig. 1

101

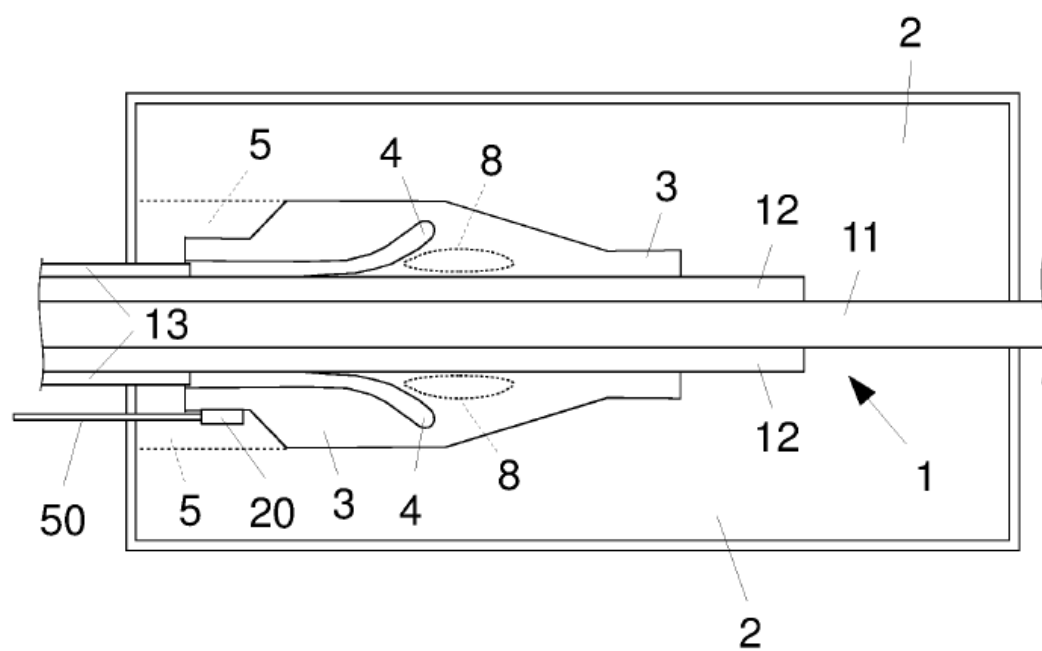


Fig. 2

102

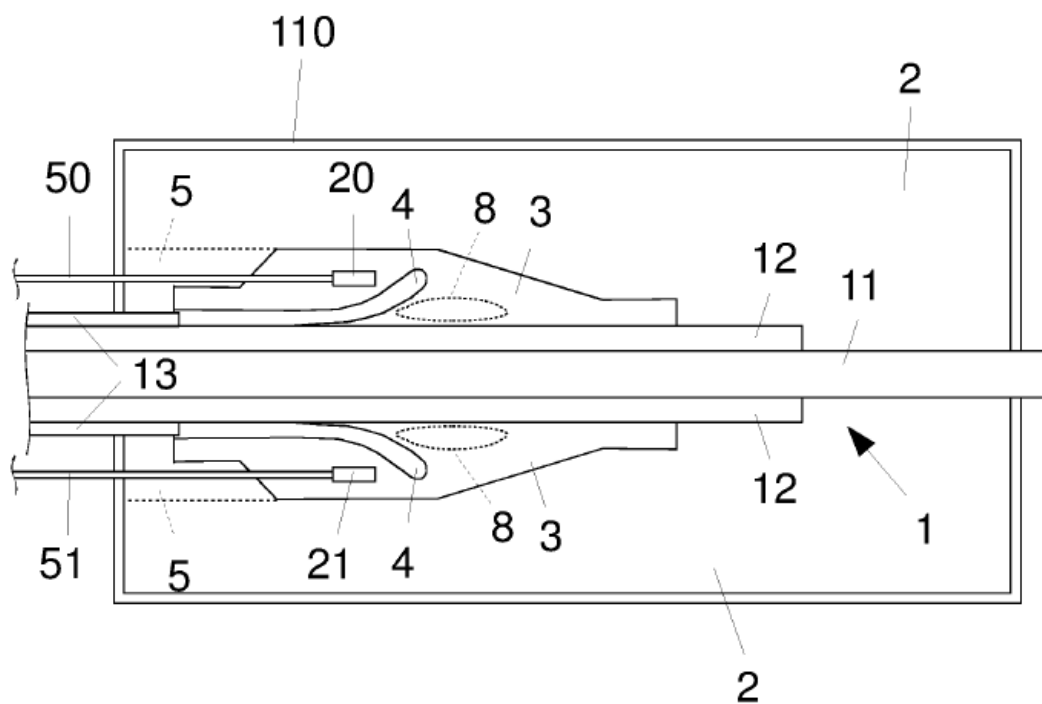


Fig. 3

103

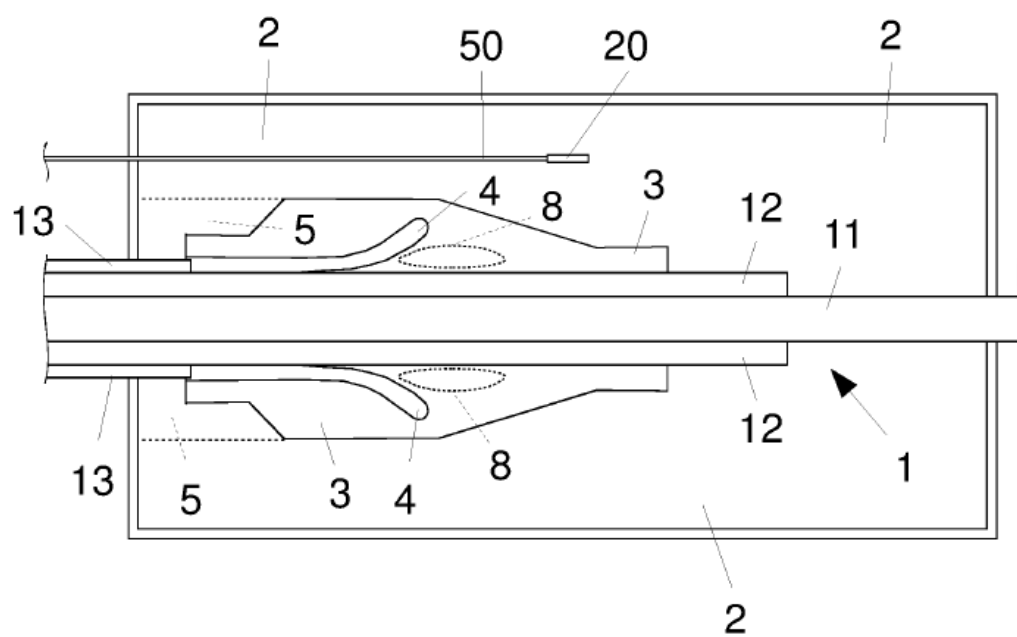


Fig. 4

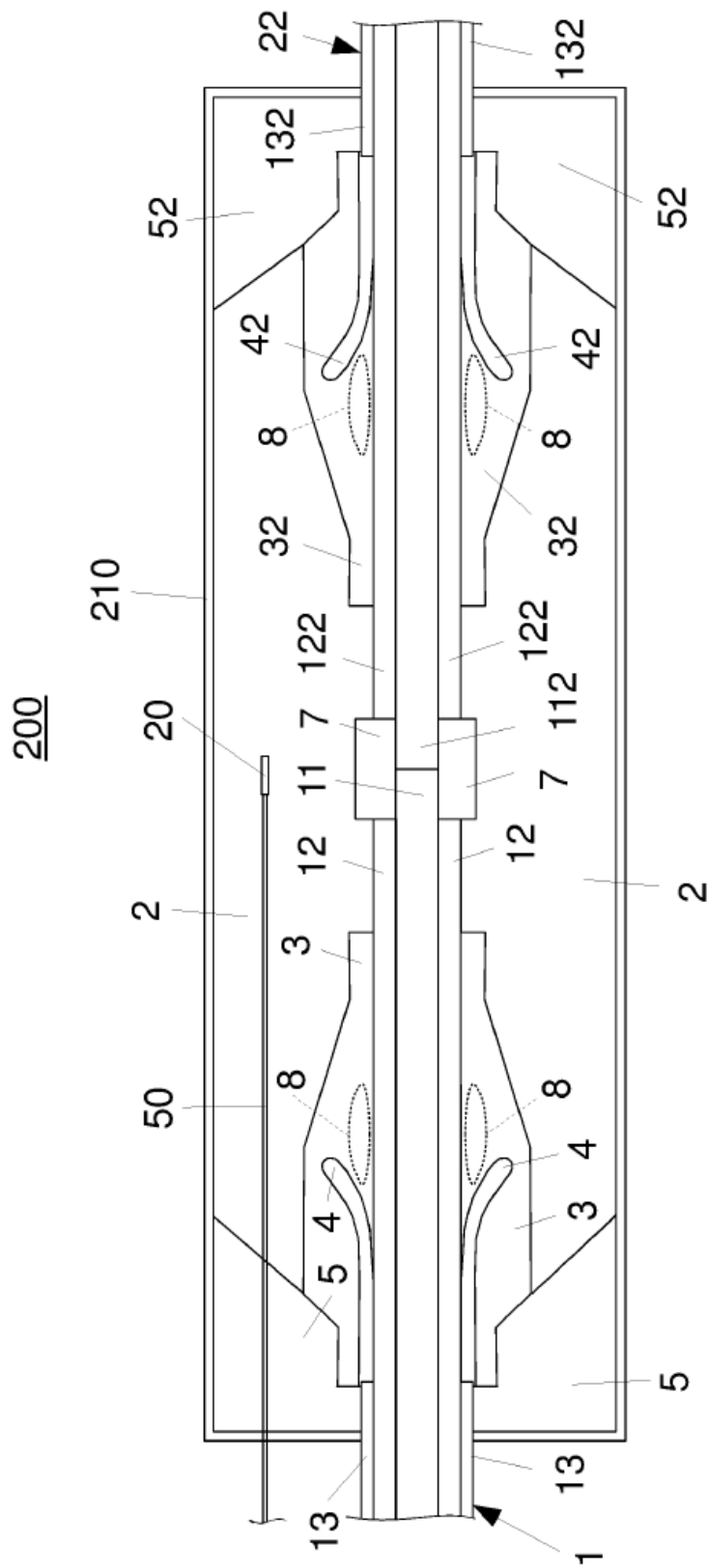


Fig. 5

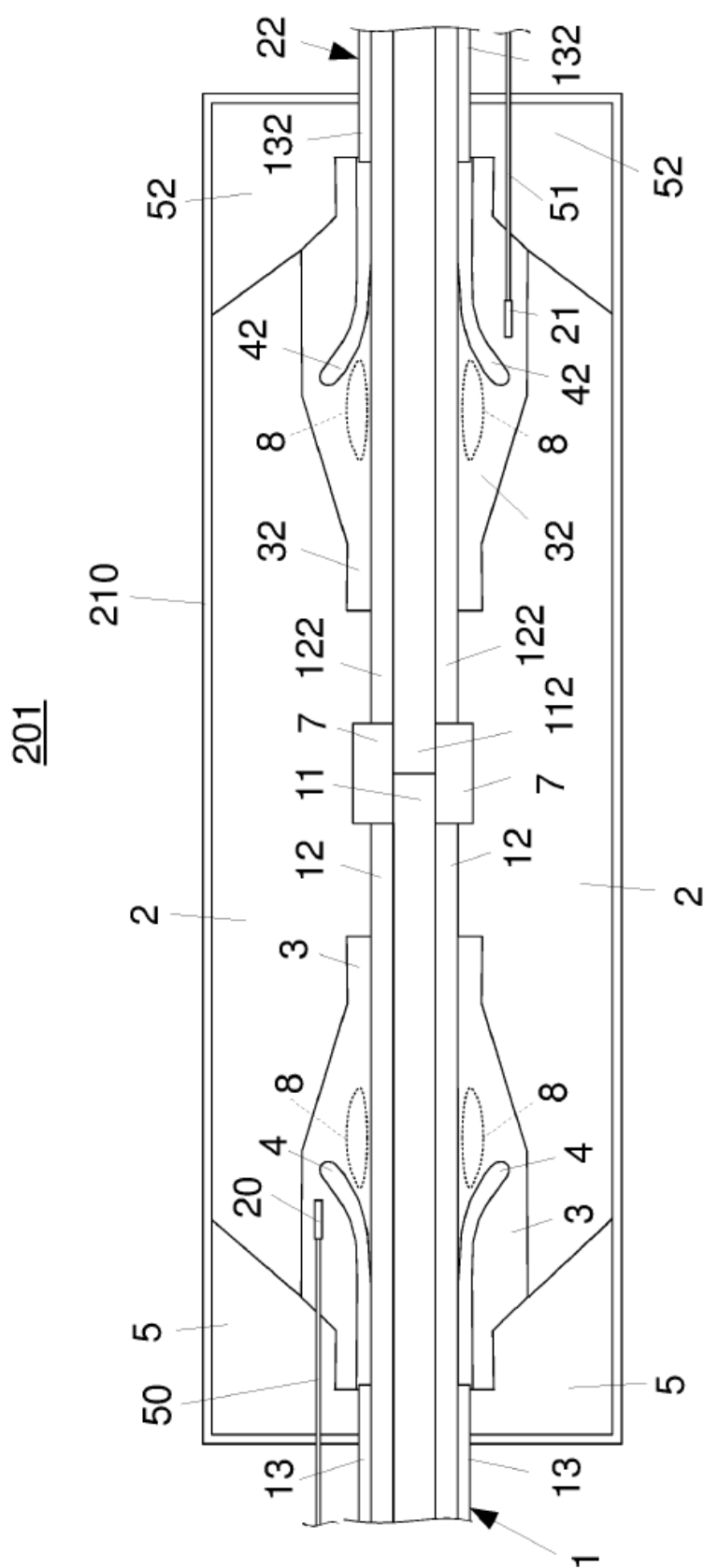


Fig. 6