(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 554 907**

(51) Int. CI.:

H01B 3/56 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2011 E 11799404 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 2652752**

(54) Título: **Medio dieléctrico aislante**

(30) Prioridad:

14.12.2010 WO PCT/EP2010/069623
22.12.2010 EP 10196645
07.12.2011 EP 11184433

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.12.2015

(73) Titular/es:

ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH

(72) Inventor/es:

MANTILLA, JAVIER;
CLAESSENS, MAX-STEFFEN;
GARIBOLDI, NICOLA;
GROB, STEPHAN;
SKARBY, PER;
PAUL, THOMAS ALFRED y
MAHDIZADEH, NAVID

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

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

Medio dieléctrico aislante

La presente invención se refiere a un medio dieléctrico aislante de acuerdo con la reivindicación 1, al uso de una mezcla específica de acuerdo con las reivindicaciones 28, 29 como medio dieléctrico aislante así como al uso del medio dieléctrico aislante de acuerdo con la reivindicación 32, y a un equipo para la generación y/o la transmisión y/o la distribución y/o la utilización de la energía eléctrica de acuerdo con las reivindicaciones 35, 44, y a un método para dimensionar un equipo eléctrico de acuerdo con la reivindicación 47.

Los medios dieléctricos aislantes en estado líquido o gaseoso se aplican convencionalmente en el aislamiento de una parte eléctrica activa en una amplia variedad de aparatos eléctricos, tales como aparallajes o transformadores eléctricos.

En aparallajes eléctricos de alta o media tensión con encapsulamiento metálico, por ejemplo, la parte eléctricamente activa se dispone en una carcasa hermética a los gases, que define un espacio de aislamiento, comprendiendo dicho espacio de aislamiento un gas aislante normalmente con una presión de hasta varios bares y que separa la carcasa de la parte eléctricamente activa, evitando de esta manera el flujo de corriente eléctrica entre la carcasa y las partes activas. Los aparallajes eléctricos con encapsulamiento metálico permiten una construcción que ahorra mucho más espacio que los aparallajes eléctricos que se montan al aire libre y se aíslan mediante el aire ambiente. Para interrumpir la corriente en un aparallaje eléctrico de alta tensión, el gas aislante funciona además como un gas de extinción de arco.

Los gases aislantes convencionales con aislamiento y rendimiento de conmutación elevados tienen algún impacto ambiental cuando se liberan a la atmósfera. De este modo, el alto potencial de calentamiento global (GWP) de estos gases aislantes se ha delimitado con un control estricto de la fuga de gases en los aparatos aislados con gas y mediante una manipulación del gas muy cuidadosa.

Los gases aislantes respetuosos con el medio ambiente convencionales, tales como aire seco o CO_2, tienen un rendimiento aislante bastante bajo, requiriendo de esta manera un aumento muy desfavorable en la presión del gas y/o las distancias de aislamiento.

Por los motivos mencionados anteriormente, se han hecho esfuerzos en el pasado para sustituir los gases aislantes convencionales por sustituyentes adecuados.

Por ejemplo, el documento WO 2008/073790 describe un compuesto gaseoso dieléctrico que -entre otras características- tiene un bajo punto de ebullición en el intervalo entre -20 ºC a -273 ºC, preferiblemente no es un gas que agote el ozono y tiene un GWP de menos de aproximadamente 22.200 en una escala de tiempo de 100 años. Específicamente, el documento WO 2008/073790 describe numerosos compuestos diferentes que no estén comprendidos en una definición química genérica.

Además, el documento US-A-4175048 se refiere a un aislante gaseoso que comprende un compuesto seleccionado entre el grupo del perfluorociclohexeno y hexafluoroazometano, y el documento EP-A-0670294 describe el uso de perfluoropropano como un gas dielétrico.

El documento EP-A-1933432 se refiere a trifluoroyodometano (CF_3I) y a su uso como gas aislante en un aparallaje eléctrico aislado con gas. En este sentido, el documento menciona tanto la rigidez dieléctrica como el rendimiento de interruptor por ser son requisitos importantes para un gas aislante. CF_3I tiene, de acuerdo con el documento EP-A-1933432, un GWP de 5 y, por tanto, se considera que produce un impacto ambiental relativamente bajo. Sin embargo, debido a su punto de ebullición relativamente alto de -22 ºC, se enseña la mezcla del CF_3I con el CO_2. Las mezclas de gas propuestas tienen solo aproximadamente un 80 % del rendimiento de aislamiento específico de un medio de aislamiento convencional puro. Esto ha de compensarse mediante un aumento en la presión del gas y/o por distancias de aislamiento más grandes.

En la búsqueda de un sustituto adecuado, se ha descubierto que, mediante el uso de fluorocetonas que tienen de 4 a 12 átomos de carbono, se puede obtener un medio aislante que tiene altas capacidades de aislamiento, en particular una elevada rigidez dieléctrica, y al mismo tiempo un potencial de calentamiento global extremadamente bajo. Esta invención se ha presentado anteriormente como la solicitud de patente internacional Nº PCT/EP2009/057294.

El Modelo de utilidad alemán DE 20 2009 009 305 U1 y la patente alemana DE 10 2009 025 204 83 se refieren también a un dispositivo de conmutación que tiene una encapsulación que está rellena con un medio de llenado que comprende una fluorocetona.

A pesar de la buena rigidez dieléctrica de las fluorocetonas de acuerdo con la solicitud de patente internacional Nº PCT/EP2009/057294, el rendimiento de aislamiento del medio aislante respectivo que comprende la fluorocetona está limitado a menudo debido a los puntos de ebullición relativamente altos de las fluorocetonas.

Este es particularmente el caso de las aplicaciones en temperaturas ambientales bajas. En este caso, solo se puede mantener una presión de vapor saturado de la fluorocetona relativamente baja sin que la fluorocetona llegue a licuarse. Esto limita la relación molar de la fluorocetona que se puede alcanzar en la fase gaseosa y podría requerir un aumento de la presión de llenado con gases de aislamiento convencionales.

Por ejemplo, la temperatura de funcionamiento mínima permisible del aparallaje eléctrico aislado con gas para alta o media tensión (HV-GIS o MV-GIS) puede ser normalmente -5 ºC. A esta temperatura, para obtener un rendimiento dieléctrico comparable al de los medios aislantes convencionales de alto rendimiento, la presión de llenado requerida de un medio aislante o que comprende por ejemplo una fluorocetona que tiene 6 átomos de carbono, por ejemplo, $C_2F_5C(O)CF(CF_3)_2$ o dodecafluoro-2-metlpentan-3-ona, puede seguir siendo relativamente alta y podría superar la presión de llenado que pueden resistir las construcciones de las carcasas normales, que es normalmente de aproximadamente 7 bares (700 kPa) para las aplicaciones HV GIS.

Alternativa o adicionalmente para aumentar la presión de llenado, el sistema puede calentarse (como se muestra en el documento de los inventores PCT/EP2009/057294). Si se usa por ejemplo una fluorocetona pura que tiene 6 átomos de carbono, por ejemplo, $C_2F_5C(O)CF(CF_3)_2$ o dodecafluoro-2-metlpentan-3-ona, como el medio aislante, podría necesitarse calentar más de 50 ºC para conseguir una presión de vapor saturado suficiente de la fluorocetona y para obtener el rendimiento de aislamiento deseado para aplicaciones de alta tensión de mayor demanda. Dicho calentamiento no es siempre factible o recomendable por motivos económicos y ecológicos y de fiabilidad.

El objeto que se va a conseguir mediante la presente invención es, por tanto, proporcionar un medio aislante que tenga un GWP muy bajo, que tenga al mismo tiempo altas capacidades aislantes también a temperaturas de funcionamiento relativamente bajas y a presiones de llenado moderadas, permitiendo de esta forma conseguir un rendimiento de aislamiento comparable al de un medio aislante de alto rendimiento que tiene un GWP mayor.

Este objeto se consigue por la materia sujeto de las reivindicaciones independientes, concretamente por el medio aislante de acuerdo con la reivindicación 1, los usos de acuerdo con la reivindicación 28, 29 y 32, el aparato de acuerdo con las reivindicaciones 35 y 44, y el método de dimensionamiento de acuerdo con la reivindicación 47 para el mencionado aparato. Las realizaciones ilustrativas de la invención se proporcionan en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la reivindicación 1, la presente invención se refiere por tanto a un medio aislante dieléctrico que comprende

a) una fluorocetona que contiene exactamente 5 átomos de carbono, denominada aquí brevemente como "fluorocetona a)", en una mezcla con
b) un componente gaseoso dieléctrico aislante, denominado aquí brevemente como "componente b) de gas dieléctrico aislante", diferente de dicha fluorocetona a).

En el contexto de la presente invención, el término "diferente de" debe entenderse ampliamente para abarcar otros componentes b) de gases dieléctricos aislantes, que no se derivan del grupo de compuestos químicos que se encuentra comprendido en la definición de las fluorocetonas, en particular las fluorocetonas que tienen exactamente 5 átomos de carbono. En otras palabras, el otro componente b) del gas dieléctrico aislante deberá comprender cualquier gas o componente gaseoso que no sea una fluorocetona que tenga exactamente 5 átomos de carbono. Adicionalmente en otras palabras, el medio dieléctrico aislante está comprendido por menos del 100 % de la fluorocetona a). Por motivos de claridad, debe entenderse que el término "componente b) del gas dieléctrico aislante" puede comprender un único componente gaseoso o puede comprender una mezcla de al menos dos elementos componentes gaseosos b1), b2) … bn).

Específicamente, el componente b) del gas dieléctrico aislante tiene un bajo punto de ebullición, más específicamente un punto de ebullición atmosférica de al menos 50 K, preferentemente al menos 70 K, en particular al menos 100 K, por debajo del punto de ebullición a presión atmosférica de la fluorocetona a). El término "punto de ebullición" o "punto de ebullición a la presión atmosférica" como se usa en el contexto de la presente invención debe entenderse como punto de ebullición a la presión atmosférica, es decir, aproximadamente 1 bar (100 kPa).

Normalmente, el componente b) del gas dieléctrico aislante es inerte y/o no tóxico y/o no inflamable. Preferentemente, tiene una rigidez dieléctrica de más de 10 kV/(cm bar), preferentemente mayor de 20 kV/(cm bar), en particular más de 30 kV/(cm bar). En realizaciones ilustrativas, el componente b) de gas dieléctrico aislante es un gas portador que tiene por sí mismo una rigidez dieléctrica inferior a la de la fluorocetona a). Su potencial de agotamiento del ozono es preferentemente 0.

La invención se basa en el hallazgo sorprendente que, si una fluorocetona que contiene exactamente 5 átomos de carbono se usa como un primer componente de gas dieléctrico aislante en una mezcla con un componente adicional de gas dieléctrico aislante, por ejemplo, aire o dióxido de carbono, el rendimiento resultante de asilamiento dieléctrico o rigidez dieléctrica de la mezcla es mucho mayor que el esperado de la suma lineal de la rigidez dieléctrica de cada componente gaseoso de la mezcla por separado. De esta manera, se proporciona por primera vez un fuerte aumento,

superior al proporcional o no lineal, de la rigidez dieléctrica de la mezcla de gas aislante que contiene la fluorocetona a) y un componente b) diferente o adicional. Dicho aumento no lineal en la rigidez dieléctrica de la mezcla de acuerdo con la invención era hasta ahora desconocido.

El hallazgo del efecto no lineal conseguido por el medio dieléctrico aislante de la presente invención ha sido de lo más sorprendente; esto es por ejemplo evidente cuando se compara la rigidez dieléctrica de la mezcla de la presente invención con las mezclas descritas en la Fig. 1.

De acuerdo con una realización preferida, el medio dieléctrico aislante, en particular el gas dieléctrico aislante, tiene de esta manera una rigidez dieléctrica aumentada no linealmente que es mayor que la suma de las resistencias dieléctricas de los componentes gaseosos del medio dieléctrico de aislamiento. Se prefiere por tanto particularmente que el componente b) del gas dieléctrico aislante sea un gas transportador que está presente en una cantidad mayor que la fluorocetona a).

En otras palabras, un tipo y cantidad del componente de gas b) y una cantidad de la fluorocetona a) se seleccionan de tal forma que se consigue el aumento no lineal de la rigidez dieléctrica del medio aislante sobre la suma de las resistencias de los componentes de gas del medio dieléctrico aislante.

En una realización ilustrativa del medio dieléctrico aislante de acuerdo con la presente invención, se establece en un sistema una rotura de la intensidad del campo Ebd, definiéndose Ebd mediante la siguiente ecuación:

$$Ebd = s \cdot (p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b})$$

en la que

p_a es la presión parcial de la fluorocetona a),
p_b es la presión parcial del componente b) de gas dieléctrico aislante,
$E_{crit,a}$ es una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida de la fluorocetona a),
$E_{crit,a}$ es una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida del componente b) de gas dieléctrico aislante, y
s es un factor sinérgico $Ebd_{medido}/Ebd_{lin.calc.}$ siendo Ebd_{medido} una rotura de la intensidad del campo medida o real del medio dieléctrico aislante, en particular de la mezcla de sus componentes de gas, y siendo $Ebd_{lin.calc}$ una suma lineal calculada de las roturas de la intensidad del campo eléctrico de la fluorocetona a) y del componente b) de gas dieléctrico, en el que la mezcla se selecciona de tal forma que el factor sinérgico s es mayor de 1.

En otras palabras, la mezcla debe contener al menos un componente b) específico de gas dieléctrico, en particular un gas transportador, que junto con la fluorocetona a) proporciona un aumento no lineal en la rigidez dieléctrica sobre la suma aritmética de las resistencias dieléctricas de los componentes gaseosos presentes en la mezcla, que da como resultado que el factor sinérgico s de la anterior ecuación sea mayor de 1.

En una realización ilustrativa, se consigue un aumento no lineal pronunciado para la fluorocetona a) que contiene exactamente 5 átomos de carbono en una mezcla con aire como el componente b) de gas dieléctrico aislante en una relación de p_a a p_b que varía de 0,04:1 a 0,6:1.

En la anterior ecuación, la rotura de la intensidad del campo Ebd del medio dieléctrico aislante, en particular de la mezcla de sus componentes de gas, la rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,a}$ de la fluorocetona a), y la rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,a}$ del componente b) de gas dieléctrico aislante, se determinan en un primer equipo de medida similar, preferentemente primer equipo de medida idéntico, y se determinan en particular en un aparato eléctrico en el que el que se va a usar el medio dieléctrico aislante.

Además, para determinar el factor sinérgico (o coeficiente de sinergia), la rotura de la intensidad del campo Ebd del medio dieléctrico aislante medido, en particular de la mezcla de sus componentes de gas, y la suma de $Ebd_{lin.calc}$ calculada linealmente de las roturas de la intensidad del campo de la fluorocetona a) en el componente b) del gas dieléctrico se determinan en un segundo aparato de medida similar, preferentemente un segundo aparato de medida idéntico, y se determinan en particular en un aparato eléctrico en el que el que se va a usar el medio dieléctrico aislante. Además, el primer y el segundo aparato de medida pueden ser el mismo.

Como se ha mencionado $E_{crit,a}$ y $E_{crit,b}$ se definen como la rotura de la intensidad del campo eléctrico independientemente de la presión de los componentes respectivos en determinadas condiciones de medida, tales como la configuración del electrodo, la rugosidad de la superficie, la polaridad, etc. Normalmente, se puede determinar un factor sinérgico significativo, si dichas condiciones de medida se mantienen constantes intercambiando o mezclando los componentes a) y b) del gas. $E_{crit,a}$ y $E_{crit,b}$designan por tanto las roturas de la intensidad del campo eléctrico obtenidas para los componentes a) y b) en su forma pura y normalizada a 1 bar (100 kPa) de presión.

$Ebd_{lin.calc.}$ se puede expresar también como $p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b}$, teniendo p_a, p_b, $E_{crit,a}$ y $E_{crit,b}$ el significado mencionado en el presente documento.

Como se mostrará en detalle a continuación, se ha descubierto que el factor sinérgico s depende más fuertemente de la relación de la presión parcial p_a de la fluorocetona a) a la presión parcial p_b del componente b) de gas dieléctrico aislante.

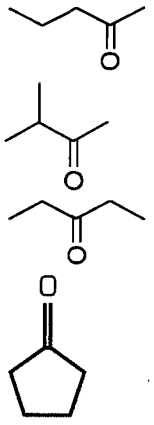
En realizaciones de la invención, el tipo y la cantidad del componente b) de gas dieléctrico aislante y la cantidad de la fluorocetona a) se seleccionan de tal manera que el factor sinérgico s es mayor de un 101 %, preferentemente mayor de un 105 %, más preferentemente mayor de un 110 %, y lo más preferido mayor de un 115 %. De esta manera, se ha encontrado que el factor sinérgico también es función del tipo de gas del componente b).

El término "fluorocetona" como se usa en el presente documento debe interpretarse ampliamente y debe abarcar las perfluorocetonas y las hidrofluorocetonas. El término debe abarcar también los compuestos saturados y los compuestos insaturados incluyendo dobles y/o triples enlaces. La estructura de carbono al menos parcialmente fluorada y, respectivamente, las cadenas de alquilo de las fluorocetonas pueden ser lineales o ramificadas.

El término "fluorocetona" deberá abarcar también las fluorocetonas que tienen una estructura de carbono cíclica. El término "fluorocetona" deberá significar también una composición química que comprende un grupo carbonilo y a cada lado deste un grupo alquilo. El término "fluorocetona" puede comprender heteroátomos adicionales en la cadena (es decir, heteroátomos unidos a la estructura química que comprenden un grupo carbonilo y a cada lado de este un grupo alquilo), por ejemplo, puede comprender al menos un heteroátomo que es parte de la estructura de carbono y/o que está unido a la estructura de carbono. En realizaciones ilustrativas, la fluorocetona a) y/o la fluorocetona c) no deben tener heteroátomos. El término "fluorocetona" debe abarcar también las fluorocetonas que tienen dos grupos carbonilo o fluorocetonas que tienen más de dos grupos carbonilo. En realizaciones ilustrativas, la fluorocetona a) y/o la fluorocetona c) serán fluoromonocetonas.

De acuerdo con las realizaciones específicas, la fluorocetona a) es una perfluorocetona, y/o la fluorocetona a) tiene una cadena de alquilo ramificada, en particular una cadena de alquilo al menos parcialmente fluorada, y/o la fluorocetona a) es un compuesto completamente saturado. Se entiende que puede incluir una única fluorocetona a) completamente saturada, es decir, una fluorocetona sin ningún doble enlace o triple enlace, o una mezcla de dos o más fluorocetonas completamente saturadas.

De acuerdo con una realización preferida, la fluorocetona a) es al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en los compuestos definidos mediante la siguiente fórmula estructural, en donde al menos un átomo de hidrógeno está sustituido por un átomo de flúor:



(Ia)

(Ib)

(Ic)

(Id)

En otras realizaciones ilustrativas, el componente b) del gas dieléctrico aislante es un gas a granel o un gas tampón o un gas transportador. Dicho componente b) del gas transportador puede estar presente en una cantidad más grande que la fluorocetona a). Como restricción cuantitativa adicional o alternativa a esto, en otras realizaciones más adicionales, una relación molar de la fluorocetona a) al componente b) del gas puede ser mayor de 1:20, preferentemente mayor de 1:10, más preferentemente mayor de 1:5, lo más preferido mayir de 1:2. Además, el componente b) del gas transportador será un gas respetuoso con el medio ambiente. Por ejemplo, el componente b) del gas puede tener un GWP en una escala temporal de 100 años de menos de 1000, preferentemente menos de 300, preferentemente menos de 100, preferentemente menos de 50, preferentemente menos de 10, de forma más preferente menos de 5, incluso de forma más preferente menos de 3, de forma aún más preferente menos de 2, y lo más preferido menos de 1,5. Además, el componente b) del gas transportador puede comprender o consistir en moléculas diatómicas, que son preferentemente químicamente estables en condiciones ambientales y, en particular, en condiciones normales de funcionamiento del equipo eléctrico aislado con gas, tales como en un intervalo de temperatura de -40 ºC a +105 ºC y con unos pocos o algunos bares de presión de gas. Además, el componente b) del gas transportador puede por sí mismo ser una mezcla de gas, tal como aire o un componente de aire y por ejemplo nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono o un gas noble. En el contexto de la invención de la presente solicitud, el término "aire" abarcará, y particularmente significará "aire técnico" o "aire seco".

De acuerdo con una realización adicional, el componente b) de gas dieléctrico aislante comprende moléculas con menos átomos que las presentes en la fluorocetona a), que en particular comprende moléculas triatómicas y/o diatómicas o consiste en moléculas triatómicas y/o diatómicas.

Se ha descubierto sorprendentemente que una fluorocetona que comprende exactamente 5 átomos de carbono y/o una fluorocetona que comprende exactamente 6 átomos de carbono muestran, cuando están presentes en una mezcla con aire, nitrógeno y/o dióxido de carbono, un aumento no lineal muy pronunciado en la rigidez dieléctrica sobre una suma aritmética de resistencias dieléctricas de los componentes de la mezcla.

Este aumento no lineal es de particular relevancia cuando se usa una fluorocetona que contiene exactamente 5 átomos de carbono. Tal como se ha mencionado anteriormente, las fluorocetonas que contienen 5 átomos de carbono tienen la ventaja de tener un punto de ebullición relativamente bajo, lo que permite tener una fracción molar relativamente elevada y una presión parcial relativamente alta, respectivamente, de la fluorocetona en el medio aislante sin enfrentarse al problema de la licuefacción incluso a temperaturas bajas.

Por tanto, en realizaciones preferidas, una fluorocetona que contiene exactamente 5 átomos de carbono se selecciona en una mezcla con aire, nitrógeno, dióxido de carbono o sus mezclas como componente b) del gas dieléctrico aislante para conseguir el aumento no lineal deseado en la rigidez dieléctrica.

Específicamente, la presente invención se refiere también a un medio aislante dieléctrico que comprende

a) una fluorocetona a) que contiene exactamente 5 átomos de carbono, en una mezcla con b) un componente de gas dieléctrico aislante
b) diferente de dicha fluorocetona a) el componente b) de gas dieléctrico aislante tiene o comprende aire o un componente de aire, el particular nitrógeno.

Se ha descubierto que usando aire, nitrógeno y/o dióxido de carbono como componente b) de gas dieléctrico aislante, se puede conseguir un efecto no lineal muy pronunciado; las respectivas mezclas de la fluorocetona a) con uno o más de estos componentes b) de gases aislantes son de esta manera particularmente útiles a fines aislantes.

Se ha descubierto también que la mezcla que comprende fluorocetona a) y dióxido de carbono como componente b) dieléctrico aislante es particularmente útil para su uso como gas de extinción de arco en por ejemplo, un disyuntor de circuitos, en particular un disyuntor de circuitos de alta tensión.

De esta manera, de acuerdo con una realización preferida adicional, el componente b) del gas dieléctrico aislante comprende, y en particular es, dióxido de carbono.

En este sentido, se ha descubierto que debido al uso de oxígeno en un gas de extinción de arco se puede reducir o evitar eficazmente la deposición de carbono sobre los electrodos.

Utilizando oxígeno en el gas de extinción de arco, también se puede reducir la cantidad de subproductos tóxicos del arco, tales como los subproductos que podrían estar presentes de otra forma tras la operación de conmutación.

De esta manera, de acuerdo con una realización preferida adicional, el componente b) del gas dieléctrico aislante comprende, y en particular es, oxígeno. Por supuesto, se puede usar en este sentido bien oxígeno puro o bien una mezcla gaseosa que contiene oxígeno, en particular aire.

Preferentemente, el componente b) de gas dieléctrico adicional, en particular el gas transportador, no es SF_6 o no comprende SF_6.

Sin pretender quedar vinculado a teoría alguna, un posible mecanismo de rigidez dieléctrica aumentada no linealmente de acuerdo con la presente invención puede ser que el componente b) del gas dieléctrico sirve para desacelerar electrones, que se derivan de la rotura dieléctrica, y la fluorocetona a) sirve para capturar dichos electrones desacelerados, estableciendo de esta manera una rigidez dieléctrica excesivamente alta de la mezcla del gas que contiene la fluorocetona a) y el gas transportador b). El componente b) del gas dieléctrico aislante de acuerdo con la presente invención abarcará de esta manera en particular gases que pueden desacelerar electrones.

Por ejemplo, añadiendo aproximadamente 350 mbar (35 kPa), aquí, con más precisión 325 mbar (32,5 kPa), de 1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)butan-2-ona (o decafluoro-3-metilbutan-2-ona) $CF_3C(O)CF(CF_3)_2$ a 4650 mbar (465 kPa) de aire técnico (que comprende aproximadamente 80 % de nitrógeno y 20 % de oxígeno), se puede conseguir un voltaje de rotura mucho mayor que el que se esperaría teniendo en cuenta meramente las intensidades del campo y las relaciones molares de los componentes gaseosos individuales de la mezcla de gas. Esto se mostrará con más detalle en lo que respecta a las siguientes figuras.

Debido a este efecto sinérgico, se puede obtener un medio aislante que tiene capacidades aislantes muy altas y al mismo tiempo un GWP muy bajo. Finalmente, esto permite que se sustituya un gas aislante convencional de alto

rendimiento por con un medio aislante que tiene un GWP muy bajo, sin requerir el calentamiento del sistema o el ajuste de la presión de llenado por encima de los valores de presión usados convencionalmente.

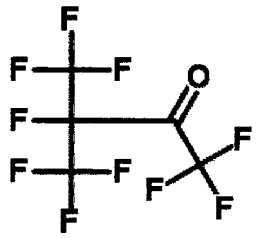
En comparación con las fluorocetonas que tienen una longitud de cadena mayor con más de 5 átomos de carbono, las fluorocetonas que contienen 5 átomos de carbono tienen la ventaja de tener un punto de ebullición relativamente bajo, lo que permite tener una fracción molar relativamente alta de dichas fluorocetonas de 5 átomos de carbono en el medio aislante y evitar el problema de la licuefacción incluso a bajas temperaturas.

Las fluorocetonas que contienen 5 átomos de carbono o más son adicionalmente ventajosas, debido a que son generalmente no tóxicas. Esto se diferencia de las fluorocetonas que tienen menos de 4 átomos de carbono, tales como hexafluoroacetona (o hexafluoropropanona), que son tóxicas y muy reactivas.

En realizaciones de la presente invención, se prefieren las fluorocetonas que tienen una cadena de alquilo ramificada, porque sus puntos de ebullición son inferiores a los de los puntos de ebullición de los compuestos correspondientes (es decir, compuestos con la misma fórmula molecular) que tienen una cadena de alquilo lineal.

De acuerdo con una realización preferida, la fluorocetona a) es una perfluorocetona, en particular tiene la fórmula molecular $C_5F_{10}O$, es decir, es completamente saturada sin dobles o triples enlaces. La fluorocetona a) se puede seleccionar más preferentemente entre el grupo que consiste en 1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)butan-2-ona (denominado también decafluoro-3-metil-butan-2-ona), 1,1,1,3,3,4,4,5,5,5-decafluoropentan-2-ona, 1,1,1,2,2,4,4,5,5,5-decafluoropentan-3-ona, 1,1,1,4,4, 5,5,5,-octafluoro-3-bis(trifluorometil)-pentan-2-ona; y lo más preferentemente es 1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)butan-2-ona.

La 1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)butan-2-ona se puede representar por la siguiente fórmula estructural (I):



(I)

1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)butan-2-ona, que queda comprendida y se cita aquí brevemente por el término genérico "C5-cetona" (= fluorocetona que contiene exactamente 5 átomos de carbono), con fórmula molecular $CF_3C(0)CF(CF_3)_2$ o $C_5F_{10}0$, se ha encontrado que es particularmente preferida para aplicaciones aislantes de alta y media tensión, ya que tiene las ventajas de un elevado rendimiento dieléctrico aislante, en particular en mezclas con el componente b) del gas dieléctrico transportador, tiene un GWP muy bajo y tiene un punto de ebullición bajo. Tiene un potencial de agotamiento del ozono de 0 y es prácticamente no tóxico.

De acuerdo con una realización preferida adicional, la fracción molar de la C5-cetona en el medio aislante varía de aproximadamente 5 % a aproximadamente 15 %, preferentemente de aproximadamente 6 % a aproximadamente 10 %, cuando se usan convencionalmente valores con una presión de llenado GIS de alta tensión, y de aproximadamente 10 % a 40 %, cuando se usan valores de presión de llenado GIS de media tensión convencional. Dichos intervalos de relación molar tienen la ventaja de que no se produce la licuefacción de la fluorocetona, incluso si se usa el medio aislante en un ambiente de baja temperatura, por ejemplo, por debajo de temperaturas de menos de 0 ºC, en particular, por debajo de -5 ºC.

De acuerdo con otras realizaciones, la fracción molar de la C5-cetona en el medio aislante es mayor de 1 %, preferentemente mayor de un 2 %, más preferentemente mayor de un 3 %, incluso de forma más preferente mayor de 3,5 %.

De acuerdo con otras realizaciones, la C5-cetona está en fase gaseosa en el medio aislante en condiciones de funcionamiento.

Preferentemente, el medio dieléctrico aislante es un gas dieléctrico aislante con una sobrepresión inferior a 8 bar (800 kPa), preferentemente menos de 7,5 bares (750 kPa), más preferentemente menos de 7 bares (700 kPa), en particular igual o menos de 6,5 bar (650 kPa); o en el que el medio dieléctrico aislante es un gas dieléctrico aislante con una sobrepresión inferior a 2,5 bar (800 kPa), preferentemente menos de 2,0 bares (750 kPa), más preferentemente menos de 1,5 bares (700 kPa), en particular igual o menos de 1,2 bar (120 kPa).

De acuerdo con una realización especialmente preferida, se pueden conseguir capacidades aislantes incluso mayores combinando la mezcla de fluorocetona a) y el componente b) del gas dieléctrico aislante de acuerdo con la presente

invención con

c) una fluorocetona adicional, denominada aquí brevemente "fluorocetona c)", diferente de la fluorocetona a), y preferentemente diferente también del componente b) del gas dieléctrico aislante.

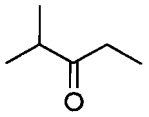
De nuevo, "diferente de" significa no comprendido en la definición de la fluorocetona a) que tiene exactamente 5 átomos de carbono, y preferentemente no comprendido en la definición del componente b) del gas aislante, no siendo en particular un gas a granel o un gas tampón o un gas transportador.

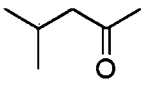
Como se mostrará en lo que respecta a las siguientes figuras, se ha determinado un aumento no lineal pronunciado para las realizaciones en la que las cuales la fluorocetona c), específicamente una fluorocetona que contiene 6 átomos de carbono, es diferente del componente b) del gas dieléctrico aislante, en otras palabras, para los medios que además de las fluorocetonas a) y c) comprenden un componente b) del gas dieléctrico aislante diferente de las fluorocetonas a) y c).

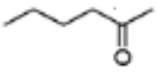
De esta manera, se puede conseguir un medio aislante que tiene más de una fluorocetona, contribuyendo cada una por sí misma a la rigidez dieléctrica del medio dieléctrico aislante. En esta realización, se prefiere particularmente que cada fluorocetona comprendida en la mezcla tenga una presión parcial que corresponda a al menos a su presión de vapor saturado a al menos la temperatura de funcionamiento mínima del medio dieléctrico aislante o del aparato eléctrico que comprende el medio dieléctrico aislante, respectivamente; de esta manera, se puede obtener y mantener una relación molar total de las fluorocetonas en la fase gaseosa, que permite obtener una rigidez dieléctrica muy alta del medio dieléctrico aislante.

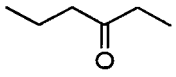
Dicha la fluorocetona c) adicional contiene preferentemente exactamente 5 átomos de carbono o exactamente 6 átomos de carbono o exactamente 7 átomos de carbono o exactamente 8 átomos de carbono, y más preferentemente contiene de 5 a 7 átomos de carbono, lo más preferentemente exactamente 6 átomos de carbono.

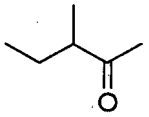
Preferentemente, la fluorocetona adicional c) es al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en los compuestos definidos mediante la siguiente fórmula estructural, en donde al menos un átomo de hidrógeno está sustituido por un átomo de flúor:

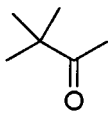

(IIa),


(IIb),

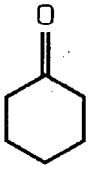

(IIc),


(IId),


(IIe),

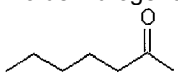

(IIf),

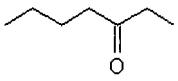
y

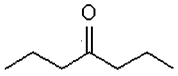

(IIg);

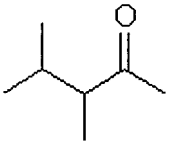
y/o es al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en los compuestos definidos mediante la siguiente

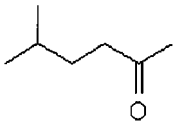
fórmula estructural, en donde al menos un átomo de hidrógeno está sustituido por un átomo de flúor:

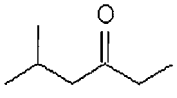

(IIIa),

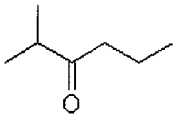

(IIIb),

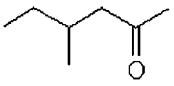

(IIIc),

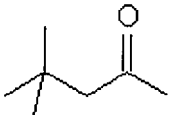

(IIId),

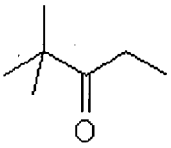

(IIIe),

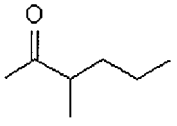

(IIIf),

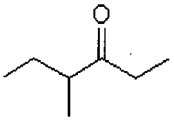

(IIIg),

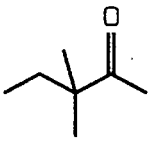

(IIIh),


(IIIi),

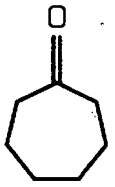

(IIIj),


(IIIk),


(IIIl),


(IIIm),

y



(IIIn)

se denomina dodecafluoro-cicloheptanona.

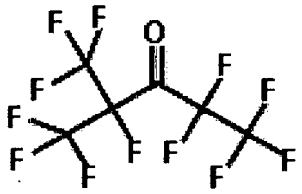
La presente invención abarca cada combinación de cualquiera de los compuestos de acuerdo con las fórmulas estructurales Ia a Id con cualquiera de los compuestos de acuerdo con las fórmulas estructurales IIa a IIg y/o IIIa a IIIn.

Más preferentemente, la fluorocetona c) que contiene exactamente 6 átomos de carbono; dicha una fluorocetona no es tóxica, y tiene márgenes excepcionales para la seguridad humana.

En realizaciones, la fluorocetona c), como la fluorocetona a), es una perfluorocetona, y/o la fluorocetona c) tiene una cadena de alquilo ramificada, en particular una cadena de alquilo al menos parcialmente fluorada, y/o la fluorocetona c) contiene compuestos completamente saturados.

En particular, la fluorocetona c) tiene la fórmula molecular $C_6F_{12}O$, es decir, es completamente saturada sin dobles o triples enlaces. Más preferentemente, la fluorocetona c) se puede seleccionar del grupo que consiste en 1,1,1,2,4,4,5,5,5-nonafluoro-2-(trifluorometil)pentan-3-ona (también denominada dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona), 1,1,1,3,3,4,5,5,5-nonafluoro-4-(trifluorometil)pentan-2-ona (también denominada dodecafluoro-4-metilpentan-2-ona), 1,1,1,3,4,4,5,5,5-nonafluoro-3-(trifluorometil)pentan-2-ona (también denominada dodecafluoro-3-metilpentan-2-ona), 1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro-3-bis-(trifluorometil)butan-2-ona (también denominada dodecafluoro-3,3-(dimetil)butan-2-ona), dodecafluorohexan-2-ona y dodecafluoro-hexan-3-ona, y particularmente es la mencionada 1,1,1,2,4,4,5,5,5-nonafluoro-2-(trifluorometil)pentan-3-ona.

La 1,1,1,2,4,4,5,5,5-Nonafluoro-2-(trifluorometil)pentan-3-ona (denominada también dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona) puede representarse por la siguiente fórmula estructural (II):



(II)

La 1,1,1,2,4,4,5,5,5-Nonafluoro-4-(trifluorometil)pentan-3-ona, que queda comprendida y se cita aquí brevemente por el término genérico "C6-cetona" (= fluorocetona, que comprende exactamente 6 átomos de carbono), con la fórmula molecular $C_2F_5C(O)CF(CF_3)_2$ se ha encontrado que es particularmente preferida para las aplicaciones aislantes de alta tensión debido a sus elevadas propiedades aislantes y a su GWP extremadamente bajo. Tiene un potencial de agotamiento del ozono de 0 y no es tóxica (CL50 a las 4 horas de aproximadamente 100.000 ppm). De esta manera, el impacto ambiental es mucho más bajo que con los gases aislantes convencionales, y al mismo tiempo se consiguen márgenes excepcionales para la seguridad humana.

Preferentemente, la fracción molar de la fluorocetona c) en el medio aislante deberá variar de aproximadamente 1 % a aproximadamente 15 %, preferentemente de aproximadamente 1 % a aproximadamente 10 %, de forma más preferente de aproximadamente 1 % a aproximadamente 4 %, lo más preferido de 1 % a 3 %, para evitar la licuefacción de la fluorocetona a bajas temperaturas, por ejemplo, por debajo de temperaturas de menos de 0 ºC, por ejemplo, por debajo de -5 ºC.

En realizaciones, la fracción molar de la fluorocetona c) en el medio aislante se selecciona para que sea mayor de un 0,1 %, preferentemente mayor de un 0,5 %, más preferentemente mayor de un 1 %, en particular mayor de un 2 %.

Preferentemente, la fracción molar de la fluorocetona c) en el medio aislante varía de 1 % a 15 %, más preferentemente de 1 % a 10 %, lo más preferido de 1 % a 3 %.

Se ha descubierto sorprendentemente que mediante una mezcla de la C5-cetona y de la C6-cetona con el componente b) del gas dieléctrico aislante se crea un medio aislante que muestra, a presiones de llenado moderadas iguales o menores de 7 bares (700 kPa), un rendimiento aislante comparable al del SF_6 a 4,5 bares (450 kPa) o menos. Dicha presión de llenado moderada se resiste generalmente mediante construcciones de carcasas convencionales que están

calificadas usualmente para resistir presiones de bloqueo de hasta aproximadamente 8 bares (800 kPa).

En la realización concreta, cuando se mezcla la C5-cetona con la C6-cetona y aire, se descubre un medio dieléctrico aislante que proporciona una presión de llenado permisible y una rigidez dieléctrica suficiente sin requerir ningún calentamiento incluso a bajas temperaturas de funcionamiento, en particular por debajo de una temperatura de funcionamiento mínima tan baja como -5 ºC. Debido a un GWP muy bajo y a una ODP cero de las premezclas de fluorocetonas de 5 átomos de carbono y 6 átomos de carbono, el medio aislante resultante es también completamente aceptable desde una perspectiva ambiental.

Tal como se ha mencionado anteriormente, el medio aislante de acuerdo con la presente invención es particularmente útil en aplicaciones eléctricas. La presente invención se refiere también de esta manera al uso de la combinación anteriormente descrita de componentes como medio dieléctrico aislante en un equipo para la generación y/o transmisión y/o distribución y/o utilización de energía eléctrica.

Además, a lo largo de la presente solicitud, cualquier divulgación y reivindicación del medio dieléctrico aislante que comprende una fluorocetona a) de acuerdo con la presente invención y cualesquiera realizaciones es también una divulgación del uso de dicha fluorocetona a) en o como un medio dieléctrico aislante, y este uso se describe explícitamente adjunto a la presente memoria y puede reivindicarse como una reivindicación de uso, en particular, sustituyendo el término "medio dieléctrico de aislamiento que comprende una fluorocetona a)" por el término "Uso de una fluorocetona a) como medio dieléctrico aislante".

Del mismo modo, la presente invención se refiere también a un equipo para la generación y/o transmisión y/o distribución y/o utilización de energía eléctrica, comprendiendo dicho equipo una carcasa que define un espacio aislante y una pieza eléctricamente activa dispuesta en el espacio aislante. Este espacio aislante comprende el medio aislante descrito anteriormente.

El término "parte eléctrica activa" en esta solicitud se va a interpretar ampliamente incluyendo cualquier tipo de conductor, disposición de conductor, conmutador, componente conductor, protector de sobretensiones, y similares, y deberá entenderse también como cualquier parte, que se pueda activar eléctricamente, es decir, que se pueda someter a tensión, en al menos un estado de funcionamiento, es decir, se pueden producir además otros estados de funcionamiento inactivos temporalmente o estados de funcionamiento inactivos localmente.

En particular, el equipo de la presente invención incluye un aparallaje eléctrico, en particular un aparallaje eléctrico aislado por aire o por gas (o de otro tipo) en un cerramiento metálico o un aparallaje eléctrico híbrido (es decir, parcialmente aislado por aire y parcialmente aislado por gas) o un aparallaje eléctrico de bloqueo de media tensión o un circuito de distribución secundaria, o un disyuntor de tanque muerto o un módulo PASS (módulo de conexión y conmutación), o una pieza y/o componente del mismo, en particular una barra de bus, un casquillo, un cable, un cable aislado por gas, una junta de cable, un transformador de corriente, un transformador de tensión, y/o un descargador de sobretensiones. Es también posible una línea de transmisión aislada por gas (GITL).

Aparallajes eléctricos, en particular aparallajes eléctricos aislados por gas (GIS), son como tales bien conocidos por una persona experta en la materia. Un ejemplo de aparallaje eléctrico para el cual la presente invención es muy adecuada se muestra por ejemplo en el documento EP-A-1933432, párrafos [0011] a [0015], cuya divulgación se ha incorporado por referencia al presente documento.

Se prefiere además que el equipo sea un conmutador, en particular, un conmutador con conexión a tierra (por ejemplo un conmutador con conexión a tierra que actúe cortando la corriente), un seccionador, un seccionador combinado y un conmutador conectado a tierra, un conmutador-seccionador y/o un disyuntor de circuito, en particular un interruptor automático de media tensión, un interruptor automático para generador y/o un interruptor automático de alta tensión. En particular, un interruptor automático de alta tensión puede tener una cámara de acumulación de presión, por ejemplo, una cámara de compresión y/o una cámara de calentamiento para proporcionar un efecto de autodisparo, en el que en una operación de conmutación, la fluorocetona o fluorocetonas se descompone o se descomponen en compuestos de fluorocarbono que tienen un número bajo de átomos de carbono, preferentemente en la cámara de acumulación de presión y o en la región de formación del arco, durante una fase de extinción del arco. Dicha descomposición molecular de la premezcla o premezclas de fluorocetonas puede permitir aumentar adicionalmente el número de moléculas y por tanto la presión que está disponible para extinguir el arco. Análogamente, la descomposición molecular de la(s) fluorocetona(s) se produce también en la región de formación del arco, que aumenta también la presión del chorro. La premezcla o premezclas de fluorocetona es también útil en la región de escape de un disyuntor de circuito, debido a que la temperatura de disociación más bien baja de las fluorocetonas no disociadas de aproximadamente 400 ºC a aproximadamente 600 ºC o incluso 900 ºC funciona como una barrera de temperatura en el gas de escape. En otras palabras, la energía térmica del gas de escape puede absorberse mediante la disociación de las fluorocetonas sin disociar en el escape, lo que evita además que aumente la temperatura en la región de escape por encima de la temperatura de disociación de las fluorocetonas. De esta manera, el aislamiento dieléctrico de esta aplicación tiene una buena capacidad de extinción del arco. Sin pretender quedar vinculado por teoría alguna, se supone que esta capacidad de extinción del arco puede atribuirse al menos parcialmente a la recombinación de los productos de disociación de la fluorocetona en el interior de la región de formación del arco, por ejemplo, principalmente para el tetrafluorometano

(CF_4), que es bien conocido por ser un medio de extinción del arco muy potente.

En particular cuando se usa como un medio de extinción del arco, el medio dieléctrico aislante de acuerdo con la presente invención comprende dióxido de carbono y/o aire u oxígeno. Como se ha apuntado anteriormente, la presencia de oxígeno u aire permite que se consiga una reducción en la deposición de los electrodos, en particular cuando el dióxido de carbono se usa como un componente de gas adicional.

Asimismo, la cantidad de subproductos del arco tóxicos, que podrían formarse en particular debido a la descomposición de la fluorocetona y que estarían presentes tras la operación de interrupción, puede reducirse o evitarse mediante el uso de aire u oxígeno.

Preferentemente, la relación de la fracción molar de oxígeno a la fracción molar de la al menos una fluorocetona a) y opcionalmente la fluorocetona c) es al menos 2:1, de forma más preferente al menos 2,5:1, incluso de forma más preferente al menos 3:1.

De acuerdo con una realización preferida adicional, el volumen de la fracción de oxígeno está en o por debajo del 40 %, preferentemente inferior a un 30 %, más preferentemente inferior a un 20 %.

En particular cuando el medio aislante dieléctrico comprende una fluorocetona mezclada con dióxido de carbono y/o aire u oxígeno se usa como medio de extinción del arco, la relación de la cantidad de dióxido de carbono a la cantidad de aire u oxígeno es preferentemente 20:1 como máximo, siendo más preferentemente 15:1 como máximo, incluso más preferentemente 10:1 como máximo, lo más preferente 5:1 como máximo. Tal como se ha mencionado anteriormente, la relación de la fracción molar de oxígeno a la fluorocetona a) y opcionalmente la fluorocetona c) adicional es preferentemente al menos 2:1, de forma más preferente al menos 2,5:1, lo más preferentemente al menos 3:1.

En realizaciones, se puede usar tetrafluorometano (CF4) como el componente b) del gas dieléctrico aislante o como el elemento b1) del componente del gas dieléctrico aislante.

Como se menciona anteriormente, la presente invención se refiere, además del medio dieléctrico aislante y a los usos descritos anteriormente, también a un aparato para la generación y/o transmisión y/o distribución y/o utilización de energía eléctrica, comprendiendo dicho aparato una carcasa que define un espacio aislante y una parte eléctrica activa dispuesta en el espacio aislante, comprendiendo dicho espacio aislante un medio aislante, caracterizado por el medio dieléctrico aislante que se ha definido anteriormente.

De acuerdo con una realización preferida, el aparato es un aparallaje eléctrico, en particular un aparallaje eléctrico encapsulado aislado por aire o aislado por gas o un aparallaje eléctrico híbrido o un aparallaje eléctrico de bloqueo de media tensión o un circuito de distribución secundaria, o un disyuntor de tanque muerto o un módulo PASS (módulo de conexión y conmutación), o una pieza o componente del mismo, en particular una barra de bus, un casquillo, un cable, un cable aislado por gas, una junta de cable, un transformador de corriente, un transformador de tensión, y/o un descargador de sobretensiones.

De acuerdo con una realización preferida adicional, el aparato es un interruptor, en particular un conmutador conectado a tierra, un seccionador, un seccionador combinado y un conmutador conectado a tierra, un conmutador-seccionador y/o un disyuntor de circuito.

Tal como se ha mencionado anteriormente, se prefiere por tanto particularmente que el aparato sea un disyuntor de circuito de alta tensión que tenga una cámara de acumulación de presión para proporcionar un gas de extinción de arco, comprendiendo en particular

a) la fluorocetona a) en una mezcla con
b1) dióxido de carbono y/o
b2) aire u oxígeno,

y que en una operación de conmutación la fluorocetona se descompone en compuestos de fluorocarbono que tiene un bajo número de átomos de carbono durante la fase de extinción de arco. Como ya se ha mencionado anteriormente, se prefiere particularmente el uso combinado de dióxido de carbono con aire u oxígeno debido a la reducción en la deposición de carbono en los electrodos y en la cantidad de subproductos del arco tóxicos, que se consigue de esta forma.

En analogía con lo anterior, el gas de extinción del arco particularmente preferido puede contener además una fluorocetona c) adicional, conteniendo en particular 6 átomos de carbono, además de dióxido de carbono y/o aire u oxígeno.

De acuerdo con otra realización, el aparato puede ser un transformador, en particular un transformador de distribución o un transformador de potencia.

De acuerdo con otras realizaciones más, el aparato puede ser también, por ejemplo, una máquina rotatoria eléctrica, un generador, un motor, un conductor, un dispositivo semiconductor, un dispositivo electrónico de potencia, y/o uno de sus componentes.

La invención se refiere particularmente a un aparato de media o alta tensión. El término "media tensión" se usa en el presente documento para referirse a una tensión en el intervalo de 1 kV a 72 kV, mientras que el término "alta tensión" se refiere a un voltaje de más de 72 kV. Son factibles también aplicaciones en el intervalo de baja tensión por debajo de 1 kV.

Para conseguir una consigna dieléctrica deseada del aparato, tales como una capacidad de rigidez dieléctrica requerida e intervalo de la temperatura de funcionamiento, el equipo puede comprender una unidad de control (denominada también como "sistema de gestión de fluido") para controlar individualmente o en combinación: la composición -en particular la composición química o la composición en fase física, tal como un sistema en dos fases gas/líquido-, y/o la temperatura del medio aislante, y/o la presión de llenado absoluta, la densidad del gas, la presión parcial y/o la densidad parcial del gas del medio aislante o de al menos uno de sus componentes, respectivamente. En particular, la unidad de control puede comprender un calentador y/o un vaporizador a fin de controlar la presión de vapor de los componentes del medio aislante de acuerdo con la invención, que es de particular relevancia para aplicaciones en un entorno a baja temperatura por debajo de aproximadamente -20 ºC. El vaporizador puede ser, por ejemplo, un vaporizador ultrasónico, o puede comprender boquillas de pulverización para pulverizar el medio aislante en el aparato.

En una realización ilustrativa, en particular para aplicaciones de alta tensión en un entorno a baja temperatura, se puede proporcionar una presión parcial de la(s) fluorocetona(s), en particular la fluorocetona a) y/o c), al medio aislante calentando y/o vaporizando, de tal manera que la presión parcial de la fluorocetona se mantenga a un nivel de presión deseado.

Si se usa un vaporizador, debe comprender también una unidad de dosificación para ajustar la concentración de la(s) fluorocetona(s), en particular la fluorocetona a) y/o c), en el medio aislante de acuerdo con las necesidades de la capacidad dieléctrica aislante o la rigidez dieléctrica. El término "capacidad dieléctrica aislante" o "rigidez dieléctrica" en esta aplicación debe entenderse ampliamente y puede incluir una caracterización más específica mediante una rotura de la intensidad del campo eléctrico que se puede determinar en condiciones de medida específicas. Esto se mostrará ilustrativamente con más detalle a continuación para un medio de aparallaje eléctrico aislado por gas de alta tensión. Además, la unidad de control puede comprender una unidad de medida de los parámetros del control, tales como temperatura, densidad, presiones y/o composiciones -en particular el nivel de fase líquida- y/o una unidad de vigilancia para el control de dichos parámetros.

De acuerdo con un aspecto adicional, la presente invención se refiere también a un método para dimensionar un aparato eléctrico, caracterizándose el método de dimensionamiento por las etapas de

a) seleccionando un equipo que tiene una consigna caracterizada por parámetros de consigna, que comprende una resistencia de campo eléctrico Eapp necesaria en un espacio a rellenar por el medio dieléctrico aislante, una temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, una temperatura de operación máxima de consigna $T_{máx}$, y una presión máxima permisible del gas $p_{máx}$,
b) seleccionando un gas dieléctrico aislante que comprende una fluorocetona mezclada con un componente b) de gas dieléctrico aislante diferente de dicha fluorocetona, teniendo la mezcla una rigidez dieléctrica creciente de forma no lineal caracterizada por un factor sinérgico s,
c) el gas dieléctrico aislante, en particular la mezcla, que tienen parámetros característicos definidos por el tipo, presión parcial p_a, o en particular una densidad en número correspondiente o concentración de volumen o fracción molar m_a, y una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,a}$ de la fluorocetona, y el tipo, presión parcial p_b, o en particular una densidad en número correspondiente o concentración de volumen o fracción molar m_b, y una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,b}$ del componente b) de gas,
d) calculando una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida lineal $Ebd_{lin.calc.}$ del gas dieléctrico aislante, en particular la mezcla, en función de la presión parcial p_a de la fluorocetona mediante una suma ponderada de presiones parciales de las roturas de intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,a}$ y $E_{crit,b}$,
e) determinando a partir de la fuerza del campo eléctrico E_{app} y de la rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $Ebd_{lin.calc.}$ una curva de presión absoluta p_{abs} (p_a) del gas dieléctrico aislante determinada en función de las presiones parciales pa de la fluorocetona,
f) seleccionar una presión de llenado absoluta p_{abs} del gas aislante a una temperatura normalizada y determinar a partir de la anterior y de la curva de presión absoluta $p_{abs}(p_a)$ una primera presión parcial p_{a1}, o en particular una primera densidad en número correspondiente de la fluorocetona o fracción molar m_{a1}, de la fluoroacetona, y
g) extender al menos uno de los parámetros de consigna del equipo eléctrico debido a que el factor de sinergia de la mezcla es mayor que 1.

Como se prefiere normalmente que no se produzca la licuefacción de la fluorocetona, el método comprende además las

etapas de:

a) determinar una segunda presión parcial p_{a2}, o en particular una segunda densidad en número correspondiente, de la fluorocetona de tal forma que una temperatura de condensación de la fluorocetona en el gas aislante esté por debajo de la temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, y
b) si la primera presión parcial p_{a1} es igual o inferior a la segunda presión parcial p_{a2}, entonces seleccionar la presión parcial p_a de la fluorocetona en un intervalo tal que $p_{pa1} \leq p_a \leq p_{pa2}$, o
c) si la primera presión parcial p_{a1} es mayor que la segunda presión parcial p_{a2}, entonces:
    i. seleccionar la presión parcial pa de la fluorocetona más pequeña o igual a la segunda presión parcial p_{a2} y aumentar la presión absoluta p_{abs}, en particular aumentar la presión absoluta p_{abs} igual a $p_{abs}(p_{a2})$, aumentando la presión parcial p_b del componente b) de gas dieléctrico aislante, y/o
    ii. aumentando la temperatura de funcionamiento mínima $T_{mín}$ mediante calentamiento y aumentando de esta forma la segunda presión parcial p_{a2} hasta un valor superior, y en particular aumentando la segunda presión parcial p_{a2} hasta un valor igual o superior al de la primera presión parcial p_{a1} y seleccionado después la presión parcial p_a de la fluorocetona en un intervalo tal que $p_{a1} \leq p_a \leq P_{a2}$.

Hay que señalar que la curva de la presión absoluta p_{abs} (p_a) es una función creciente con una disminución de la presión parcial de la fluorocetona, debido y siempre que la rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida sea mayor para la fluorocetona que para el componente b) dieléctrico aislante.

Si además de la fluorocetona a) se usa además la fluorocetona c), el método debe de llevarse a cabo de forma análoga con la etapa adicional de que deben calcularse las presiones parciales de ambas fluorocetonas para asegurar que ambas fluorocetonas permanecen en la fase gaseosa al menos por debajo de la T_{min} del aparato.

En realizaciones ilustrativas, el método comprende además las etapas de:

a) determinar un valor del factor sinérgico s de la mezcla, en particular de la relación r de la presión parcial p_a de la fluorocetona a la presión parcial p_b del componente b) de gas dieléctrico, y
b) realizar una extensión de la consigna mediante al menos una de las siguientes etapas: aumentar la intensidad del campo E_{app}, disminuir la temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, disminuir la presión de llenado absoluta p_{abs}, reducir la presión parcial p_a o la fracción molar m_a de la fluorocetona, aumentar un margen de seguridad, y sus combinaciones.

En lo anterior, se puede definir la intensidad máxima del campo eléctrico E_{app}puede para que comprenda un margen de seguridad. La presión de llenado absoluta debe seleccionarse por debajo de la presión de gas permisible máxima p_{max}. Además, la fluorocetona puede ser preferentemente una fluorocetona a) que contiene exactamente 5 átomos de carbono y/o puede ser una fluorocetona que contiene exactamente 6 átomos de carbono. Preferentemente, el componente b) dieléctrico del gas puede comprender al menos uno de: aire, nitrógeno, dióxido de carbono, y mezclas de los mismos.

Además, las anteriores etapas del método de dimensionamiento son también rasgos de caracterización del propio aparato eléctrico, siendo las correspondientes reivindicaciones enumeradas en el presente documento como parte de esta descripción.

La invención se ilustra adicionalmente por medio de las siguientes figuras de las cuales

La Fig. 1 muestra una representación gráfica de las tensiones de rotura medidas y calculadas de las mezclas de aire y gas dieléctrico aislante de acuerdo con las realizaciones de la presente invención en función de la presión de llenado absoluta del sistema;

La Fig. 2 es una representación gráfica de la presión de llenado necesaria para alcanzar el mismo rendimiento aislante que SF6 a 4,5 bares (450 kPa), cuando se utiliza una fluorocetona que comprende 5 átomos de carbono en aire, una fluorocetona que comprende 6 átomos de carbono en aire, y una fluorocetona que comprende 5 átomos de carbono y una fluorocetona que comprende 6 átomos de carbono en aire como medio aislante;

La Fig. 3 muestra una representación puramente esquemática de un aparallaje eléctrico aislado por gas de alta tensión de acuerdo con una realización que comprende una unidad de control de la temperatura;

La Fig. 4 muestra una representación puramente esquemática de un aparallaje eléctrico aislado por gas de alta tensión de acuerdo con una realización que comprende una unidad gestión de fluidos;

La Fig. 5 muestra un seccionador convencional lleno con una realización ilustrativa del medio dieléctrico aislante;

La Fig. 6 muestra los tiempos de formación del arco (unidades arbitrarias) del test de interrupción de la corriente de transferencia del bus utilizando el seccionador convencional relleno con la realización ilustrativa del medio dieléctrico aislante (rombos) y relleno con un medio aislante convencional (triángulos);

La Fig. 7a, 7b muestra los resultados de los ensayos de aumento de la temperatura en una sección de una barra de bus rellena con un medio aislante ilustrativo (rombos) y rellena con un medio aislante convencional (triángulos);

La Fig. 8 muestra un diagrama esquemático de la toxicidad (unidades arbitrarias, a mano izquierda) y el punto de ebullición (a mano derecha) en función del número de átomos de carbono contenidos en la fluorocetona;

La Fig. 9 muestra un diagrama esquemático de las secciones transversales del chisporroteo de electrones en el gas transportador y para la ionización en la fluorocetona en una función de la energía de los electrones,

La Fig. 10 muestra una representación gráfica del factor sinérgico s en función de la presión total de varios medios dieléctricos aislantes con y sin aire;

La Fig. 11a y 11b muestra las representaciones gráficas de las caídas de tensión medidas y calculadas de los medios dieléctricos aislantes de U50 de acuerdo con esta solicitud en campos homogéneos en función de la presión o del contenido de fluorocetona, respectivamente, y

La Fig. 12 muestra una representación gráfica de la resistencia a la campo de rotura eléctrico para el medio dieléctrico aislante ilustrativo que comprende una fluorocetona y aire a diversas relaciones de presión parcial en función de la temperatura de condensación.

En lo sucesivo, se describen las realizaciones ilustrativas de la invención:

Las intensidades del campo eléctrico de los gases puros necesarias como entrada para el cálculo de la representación gráfica de los campos de rotura de diversas mezclas de gases en la Fig. 1 se han determinado llevando a cabo los ensayos dieléctricos utilizando un dispositivo de ensayo que proporciona condiciones de campo representativas, y en particular condiciones de campo homogéneas ilustrativas. Se proporcionan los valores calculados en las líneas punteadas.

De acuerdo con la Fig. 1, la tensión de rotura añadida obtenida añadiendo aproximadamente 100 mbar (0,1 kPa), con más precisión 96 mbar (0,096 kPa), de la C6-cetona en aire (mezcla I) se calcula para aumentarse en aproximadamente un 10 % a un 15 % en comparación con el aire puro (y es a 4,0 bares (400 kPa) aproximadamente 140 kV/cm); la tensión de rotura añadida obtenida añadiendo aproximadamente 350 mbar (0,1 kPa), con más precisión 325 mbar (0,096 kPa), de la C5-cetona en aire (mezcla II) se calcula para aumentarse en aproximadamente un 30 % a un 40 % en comparación con el aire puro (y es a 4,0 bares (400 kPa) aproximadamente 170 kV/cm), y la tensión de rotura obtenida añadiendo aproximadamente 100 mbar (0,1 kPa) de la C6-cetona y aproximadamente 350 mbar (0,35 kPa) de la C5-cetona en aire (mezcla III) se calculó para aumentarse en aproximadamente 40 % a 50 % en comparación con aire puro (y es a 4,0 bares (400 kPa) aproximadamente 190 kV/cm).

Sin embargo, para los medios aislantes de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, en particular para la mezcla II de gas, los valores medidos de la tensión de rotura son mucho mayores que los valores calculados, como se representa en la Fig. 1 mediante líneas continuas. Esto demuestra que está presente una fuerte interacción no lineal entre la C5-cetona y aire o un gas similar, que aumenta fuertemente la capacidad dieléctrica aislante, representada aquí por las roturas de la intensidad del campo E_{bd} en kV/cm, de la mezcla de gas sobre la suma aritmética de las capacidades dieléctricas aislantes, representadas aquí por las intensidades del campo eléctrico E_{bd} en kV/cm, de los componentes individuales de la mezcla de gas. Se han encontrado resultados similares para la mezcla I. Específicamente, el campo de rotura medido obtenido para la mezcla II de gas es aproximadamente del 60 % al 80 % mayor que el campo de rotura del aire puro (y es a 4,0 bares (400 kPa) aproximadamente 230 kV/cm), y la medida de la campo de rotura obtenida para la mezcla III del gas es aproximadamente de 75 % a 95 % mayor que la del campo de rotura obtenida del aire puro (y es a 4,0 bares aproximadamente 260 kV/cm). Estos aumentos son por tanto considerablemente mayores que los esperados de por la adición lineal de los campos de rotura de los componentes de la mezcla de gas, que darían como resultado campos dieléctricos de rotura aumentados solo en un 30 % a 40 % para la mezcla II de gas y en un 40 % a 50 % para la mezcla III de gas en comparación con el aire puro.

Asimismo, la medida del campo de rotura obtenida para la mezcla I de gas es aproximadamente del 30 % al 50 % mayor que el campo de rotura del aire puro (y es a 4,0 bares (400 kPa) aproximadamente 180 kV/cm), que es mayor que los aumentos esperados del 10 % al 15 % para la mezcla I de gas en comparación con el aire puro.

Los valores del campo de rotura de acuerdo con la Fig. 1 se han medido llevando a cabo un ensayo dieléctrico de

impulsos de tipo rayo de polaridad negativa normalizada utilizando un dispositivo de ensayo con una disposición homogénea de campo.

Se han llevado a cabo ensayos dieléctricos de impulsos de tipo rayo de polaridad positiva normalizada con mezclas de gases similares como I, II y III, con diferentes combinaciones de disposiciones de campo, presiones de llenado y distancias de contacto dando como resultado resultados similares que dan cuenta del efecto sinérgico entre la C5-cetona y la C6-cetona con aire y otros gases tales como CO_2.

La Fig. 2 muestra la presión de llenado necesaria para las mezclas de gases I, II y III, respectivamente, para alcanzar el mismo rendimiento aislante que SF_6 a 4,5 bares (450 kPa). La Fig. 2 muestra la presión de llenado requerida para diferentes mezclas en función de la temperatura. La Fig. 2 puede leerse, por tanto, para determinar el medio dieléctrico aislante para el funcionamiento sin licuefacción mediante: en una primera etapa determinar la temperatura de funcionamiento mínima del medio dieléctrico aislante o del aparato eléctrico, respectivamente; en una segunda etapa determinar la presión de vapor de cada componente de fluorocetona en la mezcla que garantice que no haya licuefacción de la(s) fluorocetona(s) a la temperatura mínima de funcionamiento; en una tercera etapa, leer de la Fig. 2 la presión de gas total necesaria para conseguir el mismo rendimiento aislante o uno similar al del SF_6 a 4,5 bares (450 kPa); y en una cuarta etapa añadir el gas transportador, aquí aire o componentes del aire, en tal cantidad, que la suma de las presiones parciales de la fluorocetona y la presión del gas transportador alcance la presión total del gas. La Fig. 2 demuestra además que el rendimiento aislante deseado, que corresponde a 4,5 bares (450 kPa) de SF_6, a -5 ºC se puede conseguir con un medio aislante que comprende aire, C5-cetona y C6-cetona a una presión de llenado de aproximadamente 6,5 bares (650 kPa). Dicha presión de llenado es un intervalo de presión normal de los aparatos de aparallaje eléctrico aislados por gas actuales o de una de sus partes y/o componentes. A una temperatura de funcionamiento mínima permisible de, por ejemplo, -5 ºC, dicho medio aislante permite por tanto conseguir capacidades aislantes similares a las de SF_6 at 4,5 bares (450 kPa) sin requerir ninguna modificación de los aparatos eléctricos convencionales, en particular de los cerramientos de las carcasas, para resistir dichas presiones que no son mayores que las presiones de llenado convencionales. Para el equipo eléctrico, tales como aparallajes eléctricos de alta tensión o una de sus partes o de sus componentes, puede proporcionarse de esta manera un sustituto que tiene un rendimiento ecológico muy atractivo y además un comportamiento aislante equivalente al de medios aislantes de alto rendimiento convencionales ajustando la presión de llenado de una mezcla de gas que comprende aire y una fluorocetona de 5 átomos de carbono y opcionalmente una fluorocetona de 6 átomos de carbono a aproximadamente 6,5 bares (650 kPa).

Además del medio dieléctrico aislante específico, la presente invención se refiere también a un equipo eléctrico, tal como se ha mencionado anteriormente. Preferentemente, el equipo comprende una unidad de control (o "sistema de gestión de fluidos") para adaptar la presión, la composición y/o la temperatura del medio aislante. Esto es de particular relevancia para aplicaciones con una temperatura ambiente tan baja como -20 ºC.

Como ejemplo, en la Fig. 3 se muestra un aparallaje eléctrico de alta tensión que comprende una unidad de control de la temperatura. El aparallaje eléctrico 2 comprende una carcasa 4 que define un espacio aislante 6 y una pieza eléctricamente activa 8 dispuesta en el interior del espacio aislante. El aparallaje eléctrico 2 comprende además una unidad de control de la temperatura 10a para el ajuste de la carcasa 4, o al menos una parte de la carcasa 4, del aparallaje eléctrico 2 y de esta manera el medio aislante comprendido en el espacio aislante 6 a una temperatura deseada o a una temperatura de funcionamiento mínima (o calificada como mínima) T_{min}. Por supuesto, cualquier otra parte en contacto con el medio aislante puede calentarse para llevar el medio aislante a la temperatura deseada. De esta manera, la presión de vapor de la fluorocetona -y por consiguiente su presión parcial pa o relación molar ma en el gas aislante- así como la presión absoluta pabs del gas aislante se puede adaptar de acuerdo con ello. Como se muestra también en la Fig. 4, la fluorocetona se distribuye en esta realización de forma no homogénea a través del espacio aislante debido al gradiente de temperatura proporcionado al espacio aislante 6. La concentración de la fluorocetona es por tanto mayor en cercanía de las paredes 4' de la carcasa 4.

En la Fig. 4 se muestra de forma esquemática una unidad de control o un sistema de gestión de fluidos alternativo, en el que la unidad de gestión de fluidos 10b se atribuye al aparallaje eléctrico aislado por gas 2 como unidad de control. De acuerdo con esta unidad de control 10b, la composición del medio aislante, y en particular su concentración de la fluorocetona, en particular la fluorocetona a) y/o la fluorocetona c), se ajusta en una unidad de dosificación comprendida en la unidad de gestión de fluidos 10b, y el medio aislante resultante se inyecta o introduce, en particular se pulveriza, en el espacio aislante 6. En la realización mostrada en la Fig. 4, el medio aislante se pulveriza en el espacio aislante en la forma de un aerosol 14 en el que pequeñas gotículas de fluorocetona líquida se dispersan en el gas transportador respectivo. El aerosol 14 se pulveriza en el espacio aislante 6 por medio de las boquillas 16 y la fluorocetona se evapora rápidamente, dando como resultado de esta manera un espacio aislante 6 con una concentración no homogénea de fluorocetona, específicamente una concentración relativamente alta muy cerca de la pared de la carcasa 4' que comprende las boquillas 16. Como alternativa, el medio aislante, en particular una concentración, presión y/o temperatura de la fluorocetona a) y/o el gas dieléctrico aislante b) y/o la fluorocetona c), pueden controlarse en la unidad de gestión de fluidos 10b antes de inyectarse en el espacio aislante. Para garantizar la circulación del gas, se proporcionan orificios adicionales 18 en la pared superior de la carcasa 4, conduciendo dichos orificios a un canal 20 de la carcasa 4 y que permiten retirar el medio aislante del espacio aislante 6. El aparallaje eléctrico 2 con la unidad de gestión de fluidos 10b, tal como se muestra en la Fig. 4, se puede combinar con la unidad de control de la temperatura 10a descrita con respecto a la Fig.4. Si no se proporciona unidad de control de la temperatura, se puede producir la

condensación de la fluorocetona. La fluorocetona condensada se puede recoger -si es necesario filtrarse- y reintroducirse en la circulación del medio aislante. Además, el equipo 2 puede tener un volumen de reserva de fluorocetona líquida, en particular de fluorocetona a) (o C5-cetona) y/o la fluorocetona c) (o C6-cetona), y/o medios para limitar una temperatura de operación máxima permisible del medio aislante deseado tal que la presión de llenado absoluta se mantiene por debajo de un límite de presión dada del equipo (2).

En el contexto de los aparallajes eléctricos 2 que se muestran en la Fig. 3 y en la Fig. 4 se señala que la carga de corriente nominal facilita generalmente la vaporización de la fluorocetona, en particular de fluorocetona a) (o C5-cetona) y/o la fluorocetona c) (o C6-cetona), por el calentamiento óhmico de los conductores que transportan corriente. De esta manera, el uso de la unidad de control de la temperatura normalmente solo se requiere cuando el equipo o el aparato (que transporta la corriente nominal) no proporciona la temperatura requerida para la presión parcial deseada de la(s) fluorocetona(s), por ejemplo, a una temperatura ambiente muy baja.

De acuerdo con las realizaciones proporcionadas anteriormente, debe entenderse que el término "medio dieléctrico aislante" en esta solicitud de una forma amplia que abarque una fase gaseosa y posiblemente una fase líquida del medio dieléctrico aislante. Sin embargo, preferentemente, el medio dieléctrico aislante, es decir, todos los componentes del medio dieléctrico aislante, deben presentarse completa y exclusivamente en estado gaseoso en todas las condiciones de funcionamiento, en particular en todas las temperaturas de funcionamiento del aparato eléctrico. Además, este término deberá abarcar un medio que tenga una capacidad dieléctrica aislante o rigidez dieléctrica excepcional, por ejemplo, un aparallaje eléctrico aislado por gas (GIS) o líneas de transmisión aisladas por gas (GITL), y/o que tenga un rendimiento elevado para extinguir arcos eléctricos, por ejemplo errores en arcos en GIS o GITL o arcos de conmutación en cualquier tipo de interruptor, seccionador, disyuntor o similar.

Se han realizado diversos ensayos dieléctricos para demostrar la rigidez dieléctrica aumentada no linealmente y excepcionalmente alta del medio dieléctrico aislante de acuerdo con la presente invención. En particular, se usó un medio dieléctrico que comprende una mezcla de una fluorocetona que contiene exactamente 5 átomos de carbono y una fluorocetona que contiene exactamente 6 átomos de carbono y aire, en particular C5-fluorocetona, C6-fluorocetona y aire técnico, denominado aquí de forma breve mezcla de aire-FCK, en el ensayo dieléctrico realizado en un seccionador convencional de un aparallaje eléctrico aislado por gas (GIS).

La FIG. 5 muestra una realización del aparallaje eléctrico 2, ilustrado en la presente memoria por un seccionador combinado y un conmutador conectado a tierra 22, que tiene de nuevo una carcasa 4, una pared de carcasa 4' que encapsula un espacio aislante 6 relleno con la mezcla gaseosa de aire-FCK anteriormente mencionada y las partes activas 8. También puede estar presente un sensor de gas 24. El seccionador 22 se purgó en la primera etapa; en una segunda etapa se introdujo la C6-fluorocetona en el seccionador 22 hasta una presión de aproximadamente 100 mbar (0,1 kPa); en la tercera etapa se introdujo adicionalmente la C5-fluorocetona en el seccionador 22 hasta una presión total de aproximadamente 460 mbar (0,46 kPa), es decir, con una presión parcial de C5-fluorocetona de 360 mbar (0,36 kPa); y en una cuarta etapa, se introdujo aire técnico hasta una presión absoluta total de 7 bares (700 kPa). Esta mezcla se denomina en la presente memoria brevemente aire-FCK. Preferentemente, el sensor de gas 24, por ejemplo el sensor de densidad de gas 24 o el sensor de presión de gas 24, está presente y permite controlar las presiones de llenado y/o las presiones parciales del gas en el medio dieléctrico aislante. El orden de la al menos segunda y tercera etapa de llenado puede en un principio intercambiarse.

El seccionador 22 es una pieza normalizada (ELK-TK14) diseñada para una tensión de consigna de 300 kV, una tensión de impulso de tipo rayos de 1050 kV, y 460 kV de tensión de soporte de la frecuencia de potencia, de acuerdo con las normas IEC 62271-203 y 62271-1, con una presión de llenado de SF_6 de 4,5 bares (450 kPa) absoluta a 20 ºC.

Los ensayos dieléctricos llevados a cabo con este seccionador 22 relleno con la mezcla de aire-FCK a 7 bares (700 kPa) anteriormente mencionada demostraron soportar los ensayos dieléctricos de acuerdo con la norma IEC para la tensión de 300 kV de consigna. Todos los ensayos dieléctricos también se han llevado a cabo de acuerdo con la norma IEC 60060-1 (Técnicas de ensayo de alta tensión), que regula adicionalmente las condiciones de ensayo y los procedimientos de ensayo.

El seccionador 22 con una mezcla de aire-FCK a 7 bares (700 kPa) ha pasado satisfactoriamente sin saltos de corriente el ensayo de resistencia a la tensión con una potencia de frecuencia de duración corta para una fase conectada a tierra de 460 kV rms, el ensayo de resistencia a la tensión con una potencia de frecuencia de duración corta para 595 KV rms a través de una distancia aislante, es decir, a través de los contactos abiertos del separador 22, y el ensayo de resistencia a la tensión de impulsos de tipo rayo para una tensión punta de 1050 kV. Esto demuestra además, que la mezcla de aire-FCK que contiene la fluorocetona con exactamente 5 átomos de carbono muestra una rigidez dieléctrica excepcionalmente elevada o tensiones de resistencia dieléctricas también en las disposiciones de un campo eléctrico no homogéneo, por ejemplo, en la distribución del campo eléctrico presente en el separador 22 (ELK-TK14).

La Fig 6 muestra los tiempos de formación del arco en unidades arbitrarias en un ensayo de conmutación de la corriente de transferencia del bus de acuerdo con la norma IEC 62271-102 realizado en el separador 22 relleno con la mezcla de aire-FCK anterior a 7 bares (700 kPa) (rombos). Se han aplicado las condiciones de ensayo normalizadas de acuerdo con la norma IEC 62271-102, se ha aplicado en particular la corriente de transferencia del bus 1600 A a una tensión de

transferencia del bus de 20 V. Se muestran para comparación los resultados del ensayo con el gas dieléctrico aislante SF_6 convencional a una presión absoluta de 4,5 bares (450 kPa) (triángulos). Para una mejor comparación visual, se han tomado los promedios de 10 puntos de medida y se muestran como una línea continua para el aire-FCK y como una línea punteada para SF_6. La Fig. 6 demuestra que el nuevo medio dieléctrico aislante de aire-FCK tiene al menos el mismo rendimiento de interrupción de la corriente de transferencia del bus que el SF_6 utilizado convencionalmente. Además, la Fig. 6 demuestra que el nuevo medio dieléctrico de aislamiento que comprende la mezcla de aire-FCK a 7 bares (700 kPa) de presión absoluta tiene una excelente capacidad de extinción del arco, en particular en la presente memoria en el contexto de la conmutación de la corriente de transferencia del bus, que es comparable a o incluso mejor que la de SF_6 a 4,5 bares de presión absoluta.

Después de haberse realizado las operaciones de conmutación de la corriente de transferencia del bus 100, se ha confirmado la capacidad de aislamiento dieléctrico realizando la comprobación del estado dieléctrico según la norma IEC 62271-203.

La Fig. 7a, 7b, muestra los resultados de los ensayos de aumento de la temperatura en una sección de una barra de bus rellena con un medio aislante ilustrativo (rombos), en la presente memoria la C5-fluorocetona a una presión parcial de 360 mbar (0,36 kPa) más la C6-fluorocetona a una presión parcial de 100 mbar de (0,1) kPa más aproximadamente 4,0 bares (400 kPa) de aire técnico; y para la comparación rellena con un medio aislante convencional (triángulos), en la presente memoria SF_6 a 4,5 bares (450 kPa) de presión absoluta. Los ensayos de aumento de la temperatura se realizaron a una temperatura ambiente de aproximadamente 20 ºC. Los ensayos se llevaron a cabo de acuerdo con las normas IEC 62271-203 e IEC 62271-1.

La Fig. 7a, 7b muestra el aumento de temperatura sobre la temperatura ambiente de las partes activas (Figura 7a superior) y del cerramiento (Figura 7b inferior) en función de las localizaciones de los elementos térmicos. La Fig. 7a, 7b demuestra que el rendimiento térmico o la capacidad de transferencia de calor de la mezcla de aire-FCK es comparable a la capacidad de transferencia de calor del SF_6 convencional. Para la mezcla de aire-FCK a una presión absoluta nominal mayor, por ejemplo, a 7 bares (700 kPa) de presión absoluta total, se puede esperar incluso una capacidad de transferencia de calor mayor.

En realizaciones ilustrativas, el medio dieléctrico aislante deberá contener la fluorocetona que comprende exactamente 5 átomos de carbono en fase líquida en una forma diferente de un líquido a granel al menos en el espacio aislante 6, por ejemplo, en forma de gotículas de líquido, aerosoles, nebulizados, o pulverizaciones en el espacio de aislamiento 6. Dichas realizaciones pueden incluir el medio dieléctrico aislante con fluorocetona que comprende exactamente 5 átomos de carbono que esté en forma líquida a granel en el espacio aislante 6 de un aparato eléctrico 2 que tiene por ejemplo un sistema de gestión de fluido 10a, 10b.

En realizaciones ilustrativas, cualquier fluorocetona que contiene exactamente 5 átomos de carbono destinada a otros fines no sean el medio dieléctrico aislante deberán retirarse de la materia sujeto de esta solicitud, en particular, de la materia sujeto reivindicada en cualquier reivindicación independiente y/o en cualquier reivindicación dependiente o combinación de reivindicaciones, en particular del medio dieléctrico aislante reivindicado, el uso reivindicado del medio dieléctrico aislante, y del aparato reivindicado que comprende el medio dieléctrico aislante. Por ejemplo, deberá retirarse de la materia sujeto de esta solicitud, en particular de cualquier reivindicación o combinación de reivindicaciones:

- cualquier fluorocetona que contenga exactamente 5 átomos de carbono para un método para tratar un metal reactivo fundido, en particular para proteger dicho metal reactivo de la reacción con oxígeno o con aire; y/o
- cualquier fluorocetona que contenga exactamente 5 átomos de carbono como agente de limpieza, en particular, para limpiar un reactor de vapor o sistemas electrónicos; y/o
- cualquier fluorocetona que contenga exactamente 5 átomos de carbono como medio de extinción de incendios o para uso en sistemas de extinción de incendios; y/o
- cualquier fluorocetona que contenga exactamente 5 átomos de carbono como refrigerante en forma líquida, en particular para enfriar sistemas electrónicos; y/o
- cualquier fluorocetona que contenga exactamente 5 átomos de carbono para el proceso Rankine, en particular en pequeñas plantas de producción de energía; y/o
- cualquier fluorocetona que contenga exactamente 5 átomos de carbono como lubricante; y/o
- cualquier fluorocetona que contenga exactamente 5 átomos de carbono en forma líquida: por ejemplo como líquido en un aparato eléctrico o en un transformador, como refrigerante líquido, como refrigerante líquido en un aparato eléctrico, como refrigerante líquido en un transformador, y/o como líquido en sistemas hidráulicos o impulsores mecánicos acoplados a líquidos; y/o
- cualquier fluorocetona que contenga exactamente 5 átomos de carbono seleccionada entre el grupo que consiste en clorodifluorometil perfluoroisopropil cetona y difluorometil perfluoroisopropil cetona; y/o
- cualquier medio dieléctrico aislante que comprende, además de la fluorocetona a), una fluorocetona seleccionada entre el grupo que consiste en p-cloroperfluoroetil perfluoroisopropil cetona, difluorometil perfluoro-t-butilcetona y dodecafluoro-2-metil-pentan-3-ona.

En realizaciones ilustrativas, el medio dieléctrico aislante de la presente invención o su uso o el aparato eléctrico de la presente invención, en particular, como se reivindica en cualquier reivindicación independiente y/o en cualquier

reivindicación dependiente o combinación de reivindicaciones, no deberá ser un medio dieléctrico aislante para un transformador, o no deberá ser un transformador, por ejemplo, no un transformador de distribución, no un transformador eléctrico, en otros ejemplos no un transformador de gas, no un transformador líquido, no un transformador seco, y/o ni cualquier combinación de un transformador de gas, un transformador líquido y un transformador de gas.

En realizaciones ilustrativas adicionales, el medio dieléctrico aislante de la presente invención, en particular como se reivindica en cualquier reivindicación independiente y/o en cualquier reivindicación dependiente o combinación de reivindicaciones, no deberá ser un medio de trabajo para una conducción térmica, en particular, no deberá ser un medio de trabajo para una conducción térmica en un transformador.

En una realización particular, el medio dieléctrico aislante de acuerdo con la presente invención, en particular como se reivindica en cualquier reivindicación independiente y/o en cualquier reivindicación dependiente o combinación de reivindicaciones, no contiene una fluorocetona que contenga exactamente 6 átomos de carbono, en particular no contiene dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona ($CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$) con nombre comercial Novec 1230 de 3M. Dichas realizaciones pueden aprovechar la ventaja de tener puntos de ebullición más bajos que las fluorocetonas que tienen exactamente solo 5 átomos de carbono. La Fig. 8 muestra un diagrama esquemático de la toxicidad (a la izquierda) en unidades arbitrarias y del punto de ebullición o temperatura T_p del punto de ebullición (a la derecha) en función del número de átomos de carbono contenidos en la fluorocetona, en particular la fluorocetona a) y/o la fluorocetona c). Se indica un nivel de toxicidad máxima permisible mediante la línea negra punteada horizontal, y se indica un nivel máximo permisible del punto de ebullición mediante la línea fina punteada horizontal. Como regla general, la toxicidad disminuye al aumentar el número de átomos de carbono de tal manera que las fluorocetonas que tienen 5 o más átomos de carbono son permisibles dado que no son suficientemente tóxicas. Como regla general adicional, el punto de ebullición aumenta con el número de átomos de carbono de tal manera que las fluorocetonas que tienen 7 o menos átomos de carbono son útiles en aplicaciones técnicas típicas, mientras que las fluorocetonas que tienen 8 o más átomos de carbono se consideran menos útiles o no son útiles por tener puntos de ebullición demasiado altos. Por tanto, a la vista de la falta de toxicidad y del bajo punto de ebullición, se prefieren las fluorocetonas que tienen de 5 a 7 átomos de carbono.

La Fig. 9 muestra un diagrama esquemático de las secciones transversales (medidas por ejemplo en m^2) para la dispersión de electrones en el gas portador, en particular, en el componente b) del gas dieléctrico aislante, y para la ionización en la fluorocetona, en particular en la fluorocetona a) y/o la fluorocetona c), en función de la energía electrónica (medida por ejemplo en eV).

Sin pretender quedar vinculado por teoría alguna: un posible mecanismo de rigidez dieléctrica aumentada no linealmente de acuerdo con la presente invención puede ser que el componente b) del gas dieléctrico (que es o que comprende el gas portador) sirve para desacelerar electrones, que se derivan de la rotura dieléctrica, y la fluorocetona a), y posiblemente la fluorocetona c), sirve para capturar dichos electrones desacelerados, estableciendo de esta manera una rigidez dieléctrica excesivamente alta de la mezcla del gas que contiene la fluorocetona a), y posiblemente la fluorocetona c), y el gas transportador b). El componente b) del gas dieléctrico aislante de acuerdo con la presente invención abarcará de esta manera en particular gases que pueden desacelerar electrones. Dicho mecanismo se puede producir preferentemente, si el gas portador tiene una sección transversal de dispersión inelástica de electrones muy inelástica a energías inferiores al umbral de ionización de la fluorocetona, en particular la fluorocetona a) y/o c). Dicha situación se muestra de manera ilustrativa en la Fig. 9 cuando el máximo de la sección transversal de dispersión de electrones del gas transportador se encuentra energéticamente por debajo del umbral de ionización, donde dicho umbral designa el límite de energía inferior de un aumento sustancial de las características de la sección transversal de ionización de la fluorocetona.

Por motivos de claridad, el gas portador o el gas a granel pueden ser iguales al componente b) del gas dieléctrico aislante o puede ser uno de los elementos b2) componentes del gas dieléctrico aislante del componente b) del gas dieléctrico aislante.

En realizaciones, el aparato 2 tiene un medio dieléctrico aislante, en el que la fluorocetona, en particular al menos una fluorocetona a) y opcionalmente la fluorocetona c) adicional, está presente en una cantidad tal que una temperatura de condensación de la fluorocetona está por debajo de +5 ºC, preferentemente por debajo de -5 ºC, más preferentemente por debajo de -20 ºC, incluso más preferentemente por debajo de -30 ºC, lo más preferentemente por debajo de -40 ºC.

En realizaciones adicionales, el aparato 2 tiene un medio dieléctrico aislante, que comprende componentes gaseosos en volúmenes molares o concentraciones de volumen o densidades en número o fracciones molares m_a o presiones parciales p_a tal que una temperatura de condensación de la mezcla de componentes gaseosos está por debajo de +5 ºC, preferentemente por debajo de -5 ºC, más preferentemente por debajo de -20 ºC, incluso más preferentemente por debajo de -30 ºC, lo más preferentemente por debajo de -40 ºC.

Por motivos de claridad: el punto de ebullición o la temperatura del punto de ebullición se refiere a la curva de la presión de vapor de un componente del medio aislante en función de la temperatura, y en particular al punto de ebullición (temperatura) a presión atmosférica, es decir, aproximadamente 1 bar (100 kPa). Esto es una propiedad del componente como tal y describe su comportamiento de vaporización y licuefacción en particular en las condiciones de

presión que se aproximan a la atmosférica.

Por el contrario, la temperatura de condensación se refiere a un aparato específico que proporciona un volumen para recibir el medio dieléctrico aislante, su llenado con un medio dieléctrico aislante, en particular, el tipo y la cantidad del componente o componentes del medio dieléctrico aislante, a una temperatura dada, por ejemplo, la temperatura de funcionamiento o la temperatura de funcionamiento mínima de consigna, y a la presión total correspondiente del medio dieléctrico aislante y las presiones parciales de sus componentes. Dicho entorno específico del equipo puede comprender superficies rugosas, falta de homogeneidad del campo eléctrico y otros factores relevantes para la capacidad de resistencia dieléctrica o rigidez dieléctrica. En dicho equipo específico relleno con una selección específica del medio dieléctrico aislante, la temperatura de condensación define la temperatura a la cual una parte o fase gaseosa del medio dieléctrico aislante, en particular un grupo de componente en fase gaseosa del medio dieléctrico aislante, comienza a condensarse en gotículas que se asientan en las superficies internas del equipo y forman un·"mar" líquido en el anterior. Dicha condensación puede producirse a una temperatura de condensación común, denominada brevemente temperatura de condensación, de los componentes del medio dieléctrico aislante, incluso si los puntos de ebullición de dichos componentes en su forma pura difieren por ejemplo en unos 10 K o incluso en unos 50 K. Como un resultado de los puntos de ebullición diferentes y la temperatura de condensación común, las fracciones molares de los componentes en la fase gaseosa y en la fase líquida pueden variar cuando comienza la condensación.

Por tanto, el término "temperatura de condensación" es un parámetro integral que describe el equipo específico que tiene un llenado específico con el medio dieléctrico aislante y en condiciones de funcionamiento específicas.

En otras palabras, la temperatura de condensación solamente está determinada por la naturaleza y la densidad en número o volumen molar (m^3/mol) o concentración en volumen del componente o componentes dieléctricos aislantes gaseosos en consideración. La densidad en número o el volumen molar o la fracción molar corresponde a las presiones parciales (por ejemplo p_a) presente en el equipo a una temperatura dada. De esta manera, los parámetros "tipo de componente de gas dieléctrico o componentes gaseoso" y " número de densidad o volúmenes molares o presiones parciales" determina a qué temperatura condensará un gas o grupo de componentes gaseosos.

En realizaciones, se pretende evitar la condensación mediante la selección del medio dieléctrico aislante, en particular, la selección de sus tipos y cantidades de componentes, y mediante la selección de presiones, es decir, presiones parciales de los componentes y de la presión total, posiblemente mediante el llenado de una gas portador o gas a granel, y mediante la selección de condiciones de funcionamiento, tales como la temperatura. La evitación de la condensación se expresa por el hecho de que la temperatura de condensación debe permanecer por debajo de una temperatura de funcionamiento mínima o una temperatura de funcionamiento de consigna mínima T_{min} del equipo, por ejemplo, por debajo de +5 ºC, o -5 ºC, o -20 ºC, o -30 ºC, o -40 ºC, como se ha indicado anteriormente.

La Fig. 10 muestra el factor s de sinergia o no lineal conseguido por el medio dieléctrico aislante ilustrativo de acuerdo con la presente invención. El factor de sinergia s se muestra para una primera mezcla de C5-fluorocetona más aire (rombos), una segunda mezcla de C6-fluorocetona más aire (cuadrados), y una tercera mezcla de C5-fluorocetona más C6-fluorocetona más aire (triángulos) en función de la presión total p_{abs}, manteniendo constante la presión parcial p_a de la fluorocetona.

Para las mezclas que contienen C5-fluorocetona (primera y tercera mezcla), el factor de sinergia s aumenta con el aumento en la presión total de aproximadamente hasta 2 bar (200 kPa) y después permanece bastante constante a aproximadamente s=1,23, al menos hasta una presión total de 3 bar (300 kPa). Por el contrario, la segunda mezcla tiene factores sinérgicos relativamente más altos de aproximadamente 1,3 para un amplio intervalo de presiones totales. Como regla, el factor de sinergia s es relativamente bajo cuando la relación de la fluorocetona al aire es elevado, y aumenta al disminuir la relación de fracciones molares m_a o presiones parciales p_a de la(s) fluorocetona(s) al componente b) de gas dieléctrico, en la presente memoria el aire.

Se debe tener en cuenta que existen componentes b) del gas posibles que no producen ningún aumento no lineal de la rigidez dieléctrica y que por tanto tienen un factor sinérgico de 1.

La Fig. 11a muestra una tensión de rotura U50 en kV en función de la presión absoluta p en bares para el gas dióxido de carbono CO_2 puro cuando se midió (puntos), para una mezcla de gas dióxido de carbono CO_2 con fluorocetonas cuando se calcula de forma lineal (cuadrados), es decir, suponiendo un factor de sinergia = 1, y para dicha mezcla de CO_2 + FKs cuando se midió (rombos). La tensión de rotura U50 se define como el 50 % de la probabilidad de rotura cuando un impulso de tipo rayo típico, por ejemplo, de 1,2 de subida y 50 ms de caída, de polaridad positiva se aplica en un dispositivo de ensayo principal con una disposición de electrodo homogénea. En los experimentos, las presiones parciales de las fluorocetonas FK se han mantenido constantes y se han seleccionado de forma ilustrativa para que sean 0,1 bar (10 kPa) de C6-fluorocetona y 0,36 bar (36 kPa) de C5-fluorocetona. A continuación, se introdujo el contenido de CO_2 hasta la presión total p indicada en el eje x. Se trazaron líneas de extrapolación lineal para mostrar una línea de tendencia para las presiones absolutas inferiores p.

El efecto no lineal conseguido por el medio dieléctrico aislante que comprende C5-fluorocetona y C6-fluorocetona en una mezcla con dióxido de carbono es claramente visible en la Fig. 11a. A 7 bar (700 kPa), se consigue un factor de

sinergia, obtenido dividiendo el valor de rotura de la intensidad del campo o tensión de rotura U50, respectivamente, por el valor calculado linealmente, de aproximadamente s=1,2.

La Fig. 11b también muestra la existencia de un efecto sinérgico o no lineal conseguido mediante la presente invención para una mezcla gaseosa dieléctrica aislante de C6-fluorocetona con dióxido de carbono CO_2. La Fig. 11b muestra la tensión de rotura U50 en kV, medida con impulsos de tipo rayo en un equipo de medida diferente, en función de la presión parcial p_{C6} de la C6-fluorocetona, donde la presión total p_{abs} se mantiene constante a 1 bar (100 kPa). De nuevo, un fuerte aumento no lineal de la rigidez dieléctrica de la mezcla (rombos) con respecto a la suma calculada de forma lineal de las rigideces dieléctricas de los componentes individuales, C6 y CO_2 (cuadrados). Se encuentra un intenso factor de sinergia de aproximadamente s=1,35 para una amplia gama de presiones parciales p_a, o relaciones molares equivalentes m_a, de la C6-fluoroacetona.

La Fig. 12 ilustra además el aumento no lineal en la rigidez dieléctrica de una mezcla gaseosa de C5-fluorocetona con aire. Aquí, la rotura de la intensidad de campo E_{bd}, que corresponde a una tensión de rotura U50 en una configuración de medición dada, se determina en función de la temperatura de condensación T_{cond} para una pluralidad de relaciones r_1 a r_5 de presiones parciales p_{C5} de C5-fluoroetona a presiones parciales p_{aire} del aire, es decir $r_i = (p_{C5}/p_{aire})_i$, siendo i=número de medición. Estos dos componentes de gas muestran un efecto sinérgico de acuerdo con e factor de sinergia s=Ebd(medido)/Ebd(calculado linealmente) que, para un geometría dada, es aproximadamente una función de la relación de presión parcial r. Estas mediciones se realizaron partiendo de un llenado de 360 mbar (36 kPa) de C5-fluorocetona, que se complementó sucesivamente con aire para cada nueva medición. Esto dio como resultado las mediciones mostradas para diferentes relaciones p_{C5}/p_{aire}, para las que se midieron los factores de sinergia. Se calculó Ebd en función de la temperatura T para diferentes temperaturas de condensación mediante el uso de la ecuación Ebd - $[p_{C5}*E_{crit,C5} + p_{aire}*E_{crit,air}] * S(p_{C5}/p_{aire})$ para relaciones fijas de $r_i=(p_{C5}/p_{aire})_i$ dadas por las diferentes mediciones i=1, ..., 5. En el presente documento, p_{c5} = presión de vapor de la C5-fluorocetona a la temperatura T, p_{aire} = presión parcial del aire, y $s = s(r_i) = s((p_{C5}/p_{aire})_i)$ = factor de sinergia para las relaciones de mezclado $r_i=(p_{C5}/p_{aire})_i$.

Ebd(calculado linealmente), o $Ebd_{lin.calc.}$, se pueden expresar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Ebd_{lin.calc.} = p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b}$$

en la que

p_a es la presión parcial de la fluorocetona a),

p_b es la presión parcial del componente b) de gas dieléctrico aislante,

$E_{crit,a}$ es una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida de la fluorocetona a),

$E_{crit,b}$. es una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida del componente b) de gas dieléctrico aislante.

Como ejemplo específico, $E_{crit,a}$ de la C5-fluorocetona es 180 kV/(cm*bar), y $E_{crit,b}$ del aire es 30 kV/(cm*bar).

La temperatura de condensación de una mezcla gaseosa dada depende de la presión de vapor del componente de alto punto de ebullición, en la presente memoria, la C5-fluoroacetona. De este modo, para una temperatura de funcionamiento mínima de un equipo eléctrico de -5 ºC, la presión parcial del componente de alto punto de ebullición debe estar en o por debajo de su presión de vapor a -5 ºC.

En otras palabras, la temperatura de condensación T_{cond} del eje y corresponde a una presión parcial p_a o fracción molar m_a de la fluorocetona, en la presente memoria, la C5-fluoroacetona, cuya correspondencia se establece mediante la curva de la presión de vapor de la fluorocetona, en la presente memoria, la C5-fluoroacetona. Dicha temperatura de condensación T_{cond} también puede corresponder a una temperatura de funcionamiento mínima del equipo eléctrico, como se ha descrito anteriormente, cuando se debe evitar la licuefacción. Se debe tener en cuenta que, de manera general en la totalidad de la presente solicitud, las denominaciones p_a = presión parcial y m_a = fracción molar de la fluorocetona, por ejemplo, de la fluorocetona a) y/o la fluorocetona c), y p_b = presión parcial y m_b = fracción molar del componente b) de gas dieléctrico aislante, en la presente memoria el aire, también son de aplicación.

En la Fig. 12, los rombos pequeños muestran los valores medidos de las rigideces dieléctricas de la mezcla, y las líneas muestran las líneas de tendencia calculadas con ayuda de la curva de presión de vapor de la C5-fluoroacetona. La línea continua inferior muestra para $r_1 = (p_{C5}/p_{aire})_1 = 0,8$ una mezcla que no muestra ningún aumento no lineal y, por tanto, tiene un factor de sinergia s=1. Cuando se disminuye la relación $r = p_{C5}/p_{aire}$, por ejemplo, cuando aumenta la cantidad de aire manteniendo constante la cantidad de la C5-fluoroacetona, el factor de sinergia s empieza a sr mayor que s=1 para un intervalo de relaciones $0,04 < r < 0,8$, alcanza un máximo de aproximadamente s=1,23 en un intervalo de relaciones $0,1 < r < 0,3$, y después disminuye de nuevo. Específicamente, un factor de sinergia mayor de 1 se encuentra en el ejmplo mostrado en la Fig. 12 obtenido para una relación de presión parcial p_a a p_b de 0,04:1, 0,14:1, 0,22:1, y

0,56/1. En particular, la relación r se puede seleccionar en un intervalo de 0,01 < r < 0,8, preferentemente 0,02 < r < 0,7, más preferentemente 0,04 < r < 0,6. En resumen, una proporción elevada o ultrabaja de la C5-fluorocetona da como resultado un bajo factor de sinergia (cercano a 1). Una proporción intermedia o inferior a una elevada proporción de la C5-fluorocetona da como resultado un factor de sinergia s significativamente mayor que 1. Como resultado, la presencia de sinergia, expresado como un factor sinérgico s mayor de 1, permite el funcionamiento de un equipo eléctrico a valores más altos de rotura de la intensidad del campo eléctrico Ebd y/o una disminución a temperaturas más bajas que si no estuviera presente ninguna sinergia. Análogamente, la cantidad de fluorocetona y/o componente b) de gas dieléctrico se puede reducir, cuando está presente un factor de sinergia mayor de 1.

A lo largo de la presente solicitud, se aplica lo siguiente:

El término gas portador o gas a granel o gas tampón, que puede estar incluido o puede ser el componente b) gaseoso anteriormente mencionado o los elementos de gas componente b1), b2), ... bn) diferentes a la fluorocetona, deberá significar una parte gaseosa del medio dieléctrico aislante que contribuye a la rigidez dieléctrica, pero típicamente tiene una rigidez dieléctrica menor que la(s) fluorocetona(s) dieléctricamente más activas o más fuertes. Dicho gas portador, por ejemplo, aire, nitrógeno, o dióxido de carbono, tiene típicamente una temperatura de condensación bien por debajo de la temperatura de condensación T_{cond} de la(s) fluorocetona(s).

Los constituyentes o componentes del medio dieléctrico aislante, tales como los diferentes tipos de fluorocetones y gases portadores, se han descrito explícitamente en la presente memoria como posibles o presentes en cualquier combinación, tanto combinaciones emparejadas, combinaciones en triplete, combinaciones en cuadruplete, o similares. Por tanto, todos los listados de dichas combinaciones forman por tanto parte de la divulgación.

Los términos "preferente", "preferido", "más preferente", "en particular" deberán solamente significar "ilustrativo" y por tanto deberán significar solamente realizaciones o ejemplos, es decir, se deben entender como opcionales. Listado de números de referencia

Lista de números de referencia

2	aparallaje eléctrico
4	carcasa
4'	pared de la carcasa
6	espacio aislante
8	parte eléctricamente activa
10a	unidad de control de temperatura
10b	unidad de gestión de fluidos
14	aerosol
16	boquilla
18	abertura
20	canal
22	seccionador
24	sensor de gas, sensor de presión del gas, sensor de densidad del gas

REIVINDICACIONES

1. Medio dieléctrico aislante que comprende un gas dieléctrico aislante, comprendiendo dicho gas aislante

a) una fluorocetona a) que contiene exactamente 5 átomos de carbono, en una mezcla con
b) un componente b) de gas dieléctrico aislante diferente de dicha fluorocetona a),
donde el componente de gas dieléctrico b) es un gas portador que está presente en una cantidad mayor que la fluorocetona a) y que junto con la fluorocetona a) proporciona un aumento no lineal de la rigidez dieléctrica del medio aislante sobre la suma de las resistencias dieléctricas de los componentes de gas del medio aislante.

2. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con la reivindicación 1, siendo el componente b) de gas dieléctrico aislante un gas portador que tiene por sí mismo una rigidez dieléctrica inferior a la de la fluorocetona a).

3. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde un tipo y cantidad del componente de gas b) y una cantidad de la fluorocetona a) se seleccionan de tal forma que se consigue el aumento no lineal de la rigidez dieléctrica del medio aislante sobre la suma de las resistencias de los componentes de gas del medio dieléctrico aislante.

4. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, definiéndose la rotura de la intensidad del campo Ebd del medio dieléctrico aislante, en particular de la mezcla de sus componentes de gas, mediante la siguiente ecuación:

$Ebd = s \cdot (p_a \cdot E_{crita} + p_b \cdot E_{critb})$
en la que
p_a es la presión parcial de la fluorocetona a),
p_b es la presión parcial del componente b) de gas dieléctrico aislante,
$E_{crit,a}$ es una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida de la fluorocetona a),
$E_{crit,a}$ es una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida del componente b) de gas dieléctrico aislante,
s es un factor sinérgico $Ebd_{medido}/Ebd_{lin.calc.}$, siendo Ebd_{medido} una rotura de la intensidad del campo medida del medio dieléctrico aislante, en particular de la mezcla de sus componentes de gas, y siendo $Ebd_{lin.calc}$ una suma lineal calculada de las rotura de la intensidad del campo eléctrico de la fluorocetona a) y del componente b) de gas dieléctrico,
donde la mezcla se selecciona de tal forma que el factor sinérgico s es mayor de 1.

5. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con la reivindicación 4, donde un tipo un cantidad del componente b) de gas dieléctrico aislante y una cantidad de la fluorocetona a) se seleccionan de tal manera que el factor sinérgico s es mayor de un 101 %, preferentemente mayor de un 105 %, más preferentemente mayor de un 110 %, y lo más preferido mayor de un 115 %.

6. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4-5, siendo el factor sinérgico s dependiente de la relación r de la presión parcial p_a de la fluorocetona a) a la presión parcial p_b del componente b) de gas dieléctrico aislante.

7. Medio dieléctrico aislante que comprende

a) una fluorocetona a) que contiene exactamente 5 átomos de carbono, en una mezcla con
b) un componente b) de gas dieléctrico aislante diferente de dicha fluorocetona a), donde el componente de gas dieléctrico b) es un gas portador que está presente en una cantidad mayor que la fluorocetona a) y que junto con la fluorocetona a) proporciona un aumento no lineal de la rigidez dieléctrica del medio aislante sobre la suma de las resistencias dieléctricas de los componentes de gas del medio aislante, siendo o comprendiendo el componente b) de gas dieléctrico que comprende aire o un componente de aire, el particular nitrógeno.

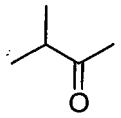
8. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con la reivindicación 7, comprendiendo el componente b) de gas dieléctrico aislante oxígeno, y/o comprendiendo el componente b) de gas dieléctrico aislante, siendo en particular, dióxido de carbono.

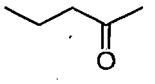
9. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con la reivindicación 8, siendo el medio dieléctrico aislante un gas de extinción de arco, en particular un disyuntor de circuitos.

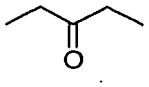
10. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, siendo la fracción molar de oxígeno un 40 % o menos, preferentemente inferior a un 30 %, más preferentemente inferior a un 20 %.

11. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, siendo la fluorocetona a) una perfluoroacetona, y/o teniendo la fluorocetona a) una cadena de alquilo ramificada, y/o siendo la fluorocetona a) un compuesto completamente saturado.

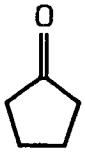
12. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, siendo la fluorocetona a) al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en los compuestos definidos mediante la siguiente fórmula estructural, en donde al menos un átomo de hidrógeno está sustituido por un átomo de flúor:


(Ia),


(Ib),


(Ic),

y


(Id).

13. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, teniendo la fluorocetona a) una fórmula molecular $C_5F_{10}O$ y, en particular, seleccionándose del grupo que consiste en 1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)butan-2-ona, 1,1,1,3,3,4,4,5,5,5-decafluoropentan-2-ona, 1,1,1,2,2,4,4,5,5,5-decafluoropentan-3-ona, y 1,1,1,4,4,5,5,5,-octafluoro-3-bis(trifluorometil)-pentan-2-ona; y preferentemente 1,1,1,3,4,4,4,-octafluoro-3-bis(trifluorometil)-pentan-2-ona.

14. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, siendo la fracción molar de la fluorocetona a) en el medio aislante mayor de un 1 %, preferentemente mayor de un 2 %, más preferentemente mayor de un 3 %, en particular mayor de un 3,5 %, estando comprendida la fracción molar de la fluorocetona a) en el medio aislante incluso más preferentemente entre 5 % y 40 %, más preferentemente de 6 % a 10 %; y/o estando la fluorocetona a) en una fase gaseosa en el medio aislante en condiciones de operación.

15. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el medio dieléctrico aislante es un gas dieléctrico aislante con una sobrepresión inferior a 8 bar (800 kPa), preferentemente menos de 7,5 bares (750 kPa), más preferentemente menos de 7 bares (700 kPa), en particular igual o menos de 6,5 bar (650 kPa); o donde el medio dieléctrico aislante es un gas dieléctrico aislante con una sobrepresión inferior a 2,5 bar (800 kPa), preferentemente menos de 2,0 bares (750 kPa), más preferentemente menos de 1,5 bares (700 kPa), en particular igual o menos de 1,2 bar (120 kPa).

16. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, teniendo el componente b) de gas dieléctrico aislante un punto de ebullición a presión atmosférica de al menos 50 K, preferentemente al menos 70 K, en particular al menos 100 K, por debajo del punto de ebullición a presión atmosférica de la fluorocetona a).

17. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, siendo el componente b) de gas dieléctrico aislante

A) inerte y/o no tóxico y/o no inflamable; y/o
B) teniendo una rigidez dieléctrica mayor de 10 kV/(cm bar), preferentemente mayor de 20 kV/(cm bar), preferentemente mayor de 30 kV/(cm bar); y/o
C) teniendo un potencial de agotamiento de oxígeno de 0; y/o
D) teniendo el componente b) de gas dieléctrico aislante: un potencial de calentamiento global GWP en 100 años mayor de 1000, preferentemente menos de 300, preferentemente menos de 100, preferentemente menos de 50, preferentemente menos de 10, preferentemente menos de 5, preferentemente menos de 3, de forma más preferente menos de 2, lo más preferente menos de 1,5; y/o
E) comprendiendo el componente b) de gas dieléctrico aislante moléculas con menos átomos que las presentes en la fluorocetona a), que en particular comprende moléculas triatómicas y/o diatómicas o consiste en moléculas triatómicas y/o diatómicas.

18. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el componente b) de gas dieléctrico aislante una mezcla de al menos elementos gaseosos bicomponentes b1), b2),... bn).

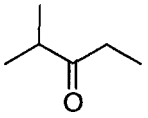
19. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, teniendo la fluorocetona a) una sección transversal de ionización dependiente de energía con un umbral de energía de ionización, teniendo el componente b) de gas dieléctrico aislante una sección transversal de dispersión de electrones dependiente de energía con una máxima a una energía específica, donde la energía específica del componente b) de gas dieléctrico aislante está por debajo del umbral de energía de ionización de la fluorocetona a).

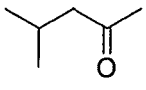
20. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además

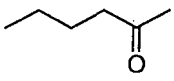
c) una fluorocetona c) diferente de la fluorocetona a).

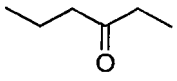
21. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con la reivindicación 20, siendo la fluorocetona c) adicional diferente del componente b) de gas dieléctrico aislante.

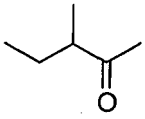
22. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 21, conteniendo la fluorocetona c) adicional exactamente 5 átomos de carbono o exactamente 6 átomos de carbono o exactamente 7 átomos de carbono o exactamente 8 átomos de carbono, conteniendo preferentemente de 5 a 7 átomos, preferentemente conteniendo exactamente 6 átomos de carbono; en particular siendo la fluorocetona c) adicional al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en los compuestos definidos mediante la siguiente fórmula estructural, en donde al menos un átomo de hidrógeno está sustituido por un átomo de flúor:

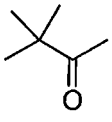

(IIa),


(IIb),

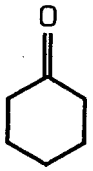

(IIc),


(IId),


(IIe),

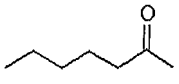

(IIf),

y

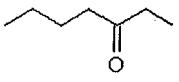


(IIg);

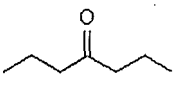
y/o siendo al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en los compuestos definidos mediante la siguiente fórmula estructural, en donde al menos un átomo de hidrógeno está sustituido por un átomo de flúor:



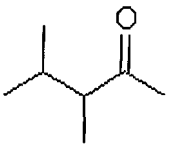
(IIIa),



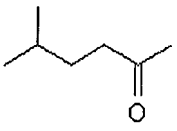
(IIIb),



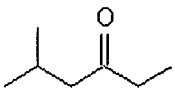
(IIIc),



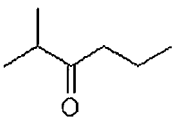
(IIId),



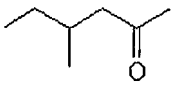
(IIIe),



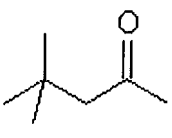
(IIIf),



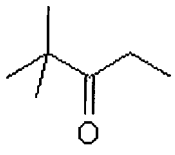
(IIIg),



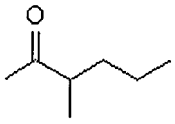
(IIIh),



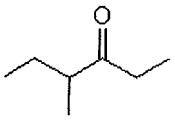
(IIIi),



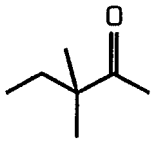
(IIIj),



(IIIk),

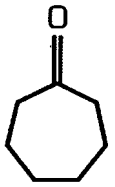


(IIIl),



(IIIm),

y



(IIIn)

y denominado dodecafluoro-cicloheptanona.

23. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, siendo la fluorocetona c) una perfluoroacetona, y/o teniendo la fluorocetona c) una cadena de alquilo ramificada, y/o siendo la fluorocetona c) un compuesto completamente saturado.

24. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 23, teniendo la fluorocetona c) una fórmula molecular $C_6F_{12}O$ y, en particular, seleccionándose del grupo que consiste en 1,1,1,2,4,4,5,5,5-nonafluoro-2-(trifluorometil)pentan-3-ona (también denominada dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona), 1,1,1,3,3,4,5,5,5-nonafluoro-4-(trifluorometil)pentan-2-ona (también denominada dodecafluoro-4-metilpentan-2-ona), 1,1,1,3,4,4,5,5,5-nonafluoro-3-(trifluorometil)pentan-2-ona (también denominada dodecafluoro-3-metilpentan-2-ona), 1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro,3-bis-(trifluorometil)butan-2-ona (también denominada dodecafluoro-3,3-(dimetil)butan-2-ona), dodecafluorohexan-2-ona y dodecafluorohexan-3-ona y decafluoro-ciclohexanona; y especialmente 1,1,1,2,4,4,5,-octafluoro-2-bis(trifluorometil)-pentan-3-ona.

25. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 24, siendo la fracción molar de la fluorocetona c) en el medio aislante mayor de un 0,1 %, preferentemente mayor de un 0,5 %, más preferentemente mayor de un 1 %, en particular mayor de un 2 %; y/o estando comprendida la fracción molar de la fluorocetona c) en el medio aislante entre 1 % y 15 %, preferentemente de 1 % a 10 %, más preferentemente de 1 % a 3 %.

26. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, correspondiendo la presión parcial de cada componente de fluorocetona correspondiente a al menos aproximadamente a supresión de vapor saturada respectiva a una temperatura mínima de funcionamiento del medio dieléctrico aislante.

27. Medio dieléctrico aislante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, siendo la relación de la fracción molar de oxígeno a la fracción molar de la al menos una fluorocetona a) y opcionalmente la fluorocetona c) adicional al menos 2:1, preferentemente al menos 2,5:1, de forma más preferente al menos 3:1; y/o teniendo el medio dieléctrico aislante, en particular el gas dieléctrico aislante, un potencial de calentamiento global GWP en 100 años mayor de 100, preferentemente menos de 50, preferentemente menos de 20, preferentemente menos de 10, preferentemente menos de 5, preferentemente menos de 3, de forma más preferente menos de 2, más preferente menos de 1,5.

28. Uso de

a) una fluorocetona a) que contiene exactamente 5 átomos de carbono, en una mezcla con
b) un componente b) de gas dieléctrico aislante diferente de dicha fluorocetona a), siendo dicho componente b) de gas dieléctrico aislante un gas portador que está presente en una cantidad mayor que la fluorocetona a) y que junto con la fluorocetona a) proporciona un aumento no lineal de la rigidez dieléctrica del medio aislante sobre la suma de las resistencias dieléctricas de los componentes de gas del medio aislante, como medio dieléctrico aislante para un equipo de generación y/o transmisión y/o distribución y/o uso de energía eléctrica, en particular para un aparallaje eléctrico aislado por gas de alta o media tensión, donde el medio dieléctrico aislante no incluye una fluorocetona que contiene exactamente 6 átomos de carbono.

29. Uso de un medio dieléctrico aislante que se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27 excluyendo la reivindicación 24, en un equipo de generación y/o transmisión y/o distribución y/o uso de energía eléctrica.

30. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 28 a 29, donde una temperatura de operación mínima permisible del aparallaje eléctrico aislado por gas es -5 ºC; y/o donde el uso es una distribución no homogénea del campo eléctrico.

31. Uso del medio dieléctrico aislante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 28 a 30, donde la mezcla comprende además

c) una fluorocetona c) diferente de la fluorocetona a).

32. Uso del medio dieléctrico aislante como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27, comprendiendo el uso

a) la fluorocetona a) en una mezcla con
b1) dióxido de carbono y/o
b2) aire u oxígeno como un gas extinguidor de arco en un disyuntor de circuito, en particular en un disyuntor de alta tensión o disyuntor de alta tensión.

33. Uso de la reivindicación 32, donde el aire u oxígeno en el gas extinguidor de arco es para reducir la deposición de carbón sobre los electrodos del disyuntor del circuito; y/o el aire u oxígeno en el gas extinguidor de arco es para reducir la cantidad de subproductos tóxicos de la formación del arco, en particular presente después de una operación de conmutación; y/o conteniendo la fluorocetona a) que contiene exactamente 5 o exactamente 6 o exactamente 7 o exactamente 8 átomos de carbono.

34. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 32 a 33, siendo la relación de la cantidad de dióxido de carbono a la cantidad de oxígeno 20:1 como mínimo, siendo preferentemente 15:1 como mínimo, siendo más preferentemente 10:1 como mínimo, siendo lo más preferentemente 5:1 como mínimo; y/o siendo la relación de la fracción molar de oxígeno a la fluorocetona a) y opcionalmente la fluorocetona c) adicional al menos 2:1, preferentemente al menos 2,5:1, de forma más preferente al menos 3:1.

35. Equipo (2) para la generación y/o transmisión y/o distribución y/o uso de energía eléctrica, en particular un equipo (2) de alta o media tensión, comprendiendo dicho equipo (2) una carcasa (4) que define un espacio aislante (6) y una pieza eléctricamente activa (8) dispuesta en el espacio aislante (6), comprendiendo dicho espacio aislante (6) un medio aislante, **caracterizado por** el medio dieléctrico aislante como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27.

36. Equipo (2) de acuerdo con la reivindicación 35, **caracterizado por** que el equipo (2) es un aparallaje eléctrico (2), en particular un aparallaje eléctrico (2) encapsulado aislado por aire o aislado por gas o un aparallaje eléctrico híbrido o un aparallaje eléctrico de bloqueo de media tensión o un circuito de distribución secundaria, o un disyuntor de tanque muerto o un módulo PASS (módulo de conexión y conmutación), o una pieza o componente del mismo, en particular una barra de bus, un casquillo, un cable, un cable aislado por gas, una junta de cable, un transformador de corriente, un transformador de tensión, un protector de sobretensiones, y/o una línea de transmisión aislada por gas.

37. Equipo (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 35 a 36, **caracterizado por** que el equipo (2) es un conmutador, en particular un conmutador conectado a tierra, un seccionador, un seccionador combinado y un conmutador conectado a tierra, un conmutador-seccionador y/o un disyuntor de circuito.

38. Equipo (2) de acuerdo con la reivindicación 37, **caracterizado por** que el equipo es un disyuntor de circuito de alta tensión que tiene una cámara de acumulación de presión para proporcionar un gas de extinción de arco, en particular que comprende a) la fluorocetona

a) en una mezcla con
b1) dióxido de carbono y/o
b2) aire u oxígeno,
y que en una operación de conmutación la fluorocetona se descompone en compuestos de fluorocarbono que tiene un bajo número de átomos de carbono durante la fase de extinción de arco.

39. Equipo (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 35 a 36, **caracterizado por** que el equipo es un transformador, en particular un transformador de distribución o un transformador de potencia; o el equipo es una máquina rotatoria eléctrica, un generador, un motor, un conductor, un dispositivo semiconductor, un dispositivo electrónico de potencia, y/o un componente de los mismos.

40. Equipo (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 35 a 39, **caracterizado por** que comprende además una unidad de control (10a, 10b) para controlar individualmente o en combinación: una composición, una temperatura, un presión absoluta, una presión parcial, una densidad de gas y/o una densidad parcial de gas del medio aislante o al menos uno de sus componentes, respectivamente.

41. Equipo (2) de acuerdo con la reivindicación 40, **caracterizado por** que la unidad de control (10a, 10b) comprende un calentador y/o vaporizador (16) para controlar la presión parcial de la fluorocetona a) y opcionalmente la fluorocetona c), en particular, para mantenerlo por encima de un nivel requerido de presión parcial; y/o la unidad de control (10a, 10b) comprende una unidad de control de temperatura (10a) que comprende un sistema de calentamiento para poner la carcasa (4), o al menos una parte de la carcasa (4), del equipo (2) a una temperatura deseada; y/o la unidad de control (10a, 10b) comprende una unidad de gestión de fluido (10b) para dosificar una concentración de la fluorocetona a), y opcionalmente la fluorocetona c) adicional, y para inyectar el medio aislante resultante en el equipo (2).

42. Equipo (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 35 a 41, **caracterizado por** el equipo (2) que tiene un volumen de reserva de la fluorocetona líquida, y/o que tiene medios para limitar una temperatura de operación máxima permisible del medio aislante deseado tal que la presión de llenado absoluta se mantiene por debajo de un límite de presión dada del equipo (2); y/o el equipo (2) que tiene una distribución no homogénea del campo eléctrico; y/o el equipo que tiene un diseño de presión convencional para llenarse con hexafluoruro de azufre SF_6 y se llena en su lugar con el medio dieléctrico aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27.

43. Equipo (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 35 a 42, **caracterizado por** que el medio dieléctrico aislante de fluorocetona a), y opcionalmente la fluorocetona c) adicional, está presente en una cantidad tal que una temperatura de condensación de la fluorocetona está por debajo de una temperatura de operación de consigna del equipo (2), en particular por debajo de +5 ºC, preferentemente por debajo de -5 ºC, más preferentemente por debajo de -20 ºC, incluso más preferentemente por debajo de -30 ºC, lo más preferentemente por debajo de -40 ºC; y/o el medio dieléctrico aislante comprende componentes gaseosos en una cantidad tal que una temperatura de condensación de la mezcla de los componentes gaseosos está por debajo de una temperatura de operación de consigna del equipo (2), en particular está por debajo de +5 ºC, preferentemente por debajo de -5 ºC, más preferentemente por debajo de -20 ºC, incluso más preferentemente por debajo de -30 ºC, lo más preferentemente por debajo de -40 ºC.

44. Equipo (2), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 35 a 43,

a) teniendo el equipo una configuración **caracterizada por** parámetros de consigna, que comprende una resistencia de campo eléctrico Eapp necesaria en un espacio a rellenar por el medio dieléctrico aislante, una temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, una temperatura de operación máxima de consigna $T_{máx}$, y una presión máxima permisible del gas $p_{máx}$,
b) comprendiendo el equipo un gas dieléctrico aislante que comprende una fluorocetona mezclada con un componente b) de gas dieléctrico aislante diferente de dicha fluorocetona, teniendo la mezcla una rigidez dieléctrica creciente de forma no lineal **caracterizada por** un factor sinérgico s,
c) el gas dieléctrico aislante, en particular la mezcla, que tienen parámetros característicos definidos por un tipo, presión parcial p_a, o en particular que corresponde a una densidad en número, y una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,a}$ de la fluorocetona, y un tipo, presión parcial p_b, o en particular que corresponde a una densidad en número, y una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,a}$ del componente b) de gas dieléctrico aislante,
d) una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida lineal $Ebd_{lin.calc}$. del gas dieléctrico aislante, en particular la mezcla, calculándose en función de la presión parcial p_a de la fluorocetona mediante una suma ponderada de presiones parciales de las roturas de la intensidad del campo a presión reducida $E_{crit,a}$ y $E_{crit,b}$,
e) a partir de la fuerza del campo eléctrico E_{app} y de la rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $Ebd_{lin.calc.}$, una curva de presión absoluta $p_{abs}(p_a)$ del gas dieléctrico aislante determinada en función de las presiones parciales p_a de la fluorocetona,
f) una presión de llenado absoluta p_{abs} del gas aislante a una temperatura normalizada y a partir de la anterior y

de la curva de presión absoluta $p_{abs}(p_a)$ una primera presión parcial p_{a1}, o en particular una primera densidad en número, de la fluorocetona a determinar, y

g) extendiéndose al menos uno de los parámetros de consigna del equipo eléctrico debido a que el factor sinérgico de la mezcla es mayor que 1.

45. Equipo (2) de acuerdo con la reivindicación 44,

a) una segunda presión parcial p_{a2}, o en particular una segunda densidad en número correspondiente, de la fluorocetona determinándose de tal forma que una temperatura de condensación de la fluorocetona en el gas aislante esté por debajo de la temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, y

b) si la primera presión parcial p_{a1} es igual o inferior a la segunda presión parcial p_{a2}, entonces seleccionar la presión parcial p_a de la fluorocetona en un intervalo tal que $p_{a1} \leq pa \leq p_{a2}$, o

c) c) si la primera presión parcial p_{a1} es mayor que la segunda presión parcial p_{a2}, entonces:

i. seleccionar la presión parcial p_a de la fluorocetona más pequeña o igual a la segunda presión parcial p_{a2} y aumentar la presión absoluta p_{abs}, en particular aumentar la presión absoluta p_{abs} igual a $p_{abs}(p_{a2})$, aumentando la presión parcial p_b del componente b) de gas dieléctrico aislante, y/o

ii. ii. aumentando la temperatura de funcionamiento mínima $T_{mín}$ mediante calentamiento y aumentando de esta forma la segunda presión parcial p_{a2} hasta un valor superior, y en particular aumentando la segunda presión parcial p_{a2} hasta un valor igual o superior al de la primera presión parcial p_{a1} y seleccionado después la presión parcial p_a de la fluorocetona en un intervalo tal que $p_{a1} \leq p_a \leq P_{a2}$.

46. Equipo (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 44-45,

a) determinándose un valor del factor sinérgico s de la mezcla, en particular de la relación r de la presión parcial p_a de la fluorocetona a la presión parcial p_b del componente b) de gas dieléctrico aislante presente en el equipo eléctrico (2), y

b) realizándose una extensión de la consigna según al menos una de las siguientes medidas: un aumento de la resistencia máxima del campo eléctrico E_{app}, disminuyendo la temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, disminuyendo la presión de llenado absoluta p_{abs}, disminuyendo la presión parcial p_a o la fracción molar m_a de la fluorocetona presente en el equipo eléctrico (2), aumentando un margen de seguridad, y sus combinaciones.

47. Método para dimensionar un equipo eléctrico como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 44 a 46, **caracterizado por** las etapas de

a) seleccionar para el equipo una configuración **caracterizada por** parámetros de consigna, que comprende una resistencia de campo eléctrico Eapp necesaria en un espacio a rellenar por el medio dieléctrico aislante, una temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, una temperatura de operación máxima de consigna $T_{máx}$, y una presión máxima permisible del gas $p_{máx}$,

b) seleccionando un gas dieléctrico aislante que comprende una fluorocetona mezclada con un componente b) de gas dieléctrico aislante diferente de dicha fluorocetona, teniendo la mezcla una rigidez dieléctrica creciente de forma no lineal **caracterizada por** un factor sinérgico s,

c) el gas dieléctrico aislante, en particular la mezcla, que tienen parámetros característicos definidos por el tipo, presión parcial p_a, o en particular que corresponde a una densidad en número, y una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,a}$ de la fluorocetona, y el tipo, presión parcial p_b, o en particular que corresponde a una densidad en número, y una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $E_{crit,a}$ del componente b) de gas,

d) calculando una rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida lineal $Ebd_{lin.calc}$ del gas dieléctrico aislante, en particular la mezcla, en función de la presión parcial p_a de la fluorocetona mediante una suma ponderada de presiones parciales de las roturas de la intensidad del campo a presión reducida $E_{crit,a}$ y $E_{crit,b}$,

e) determinando a partir de la fuerza del campo eléctrico E_{app} y de la rotura de la intensidad del campo eléctrico a presión reducida $Ebd_{lin.calc.}$, una curva de presión absoluta $p_{abs}(p_a)$ del gas dieléctrico aislante determinada en función de las presiones parciales p_a de la fluorocetona,

f) seleccionar una presión de llenado absoluta p_{abs} del gas aislante a una temperatura normalizada y determinar a partir de la anterior y de la curva de presión absoluta $p_{abs}(p_a)$ una primera presión parcial p_{a1}, o en particular una primera densidad en número, de la fluoroacetona,

g) extender al menos uno de los parámetros de consigna del equipo eléctrico debido a que el factor sinérgico de la mezcla es mayor que 1.

48. Método de dimensionamiento de un equipo eléctrico de acuerdo con la reivindicación 47, **caracterizado** adicionalmente **por** las etapas de

a) determinar una segunda presión parcial p_{a2}, o en particular una segunda densidad en número correspondiente, de la fluorocetona de tal forma que una temperatura de condensación de la fluorocetona en el gas aislante esté por debajo de la temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, y

b) si la primera presión parcial p_{a1} es igual o inferior a la segunda presión parcial p_{a2}, entonces seleccionar la

presión parcial p_a de la fluorocetona en un intervalo tal que $p_{a1} \leq pa \leq p_{a2}$, o

c) si la primera presión parcial p_{a1} es mayor que la segunda presión parcial p_{a2}, entonces:

i. seleccionar la presión parcial p_a de la fluorocetona más pequeña o igual a la segunda presión parcial p_{a2} y aumentar la presión absoluta p_{abs}, en particular aumentar la presión absoluta p_{abs} igual a $p_{abs}(p_{a2})$, aumentando la presión parcial p_b del componente b) de gas dieléctrico aislante, y/o

ii. aumentando la temperatura de funcionamiento mínima $T_{mín}$ mediante calentamiento y aumentando de esta forma la segunda presión parcial p_{a2} hasta un valor superior, y en particular aumentando la segunda presión parcial p_{a2} hasta un valor igual o superior al de la primera presión parcial p_{a1} y seleccionado después la presión parcial p_a de la fluorocetona en un intervalo tal que $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$.

49. Método para dimensionar un equipo eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 44 a 48, caracterizado adicionalmente por las etapas de

a) determinar un valor del factor sinérgico s de la mezcla, en particular de la relación r de la presión parcial p_a de la fluorocetona a la presión parcial p_b del componente b) de gas dieléctrico y

b) realizar una extensión de la consigna mediante al menos una de las siguientes etapas: aumentar la fuerza del campo E_{app}, disminuir la temperatura de operación mínima de consigna $T_{mín}$, disminuir la presión de llenado absoluta p_{abs}, reducir la presión parcial p_a o la fracción molar m_a de la fluorocetona, aumentar un margen de seguridad, y sus combinaciones.

50. Método para dimensionar un equipo eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 44-49, caracterizado adicionalmente por las etapas de

a) seleccionar la fluorocetona para que comprenda una fluorocetona a) que contiene exactamente 5 átomos de carbono, y/o comprender además una fluorocetona c) adicional que contiene exactamente 6 átomos de carbono, y/o

b) seleccionar el componente b) de gas dieléctrico para que comprenda al menos uno de los componentes seleccionados del grupo que comprende: aire, nitrógeno, dióxido de carbono, y mezclas de los mismos.

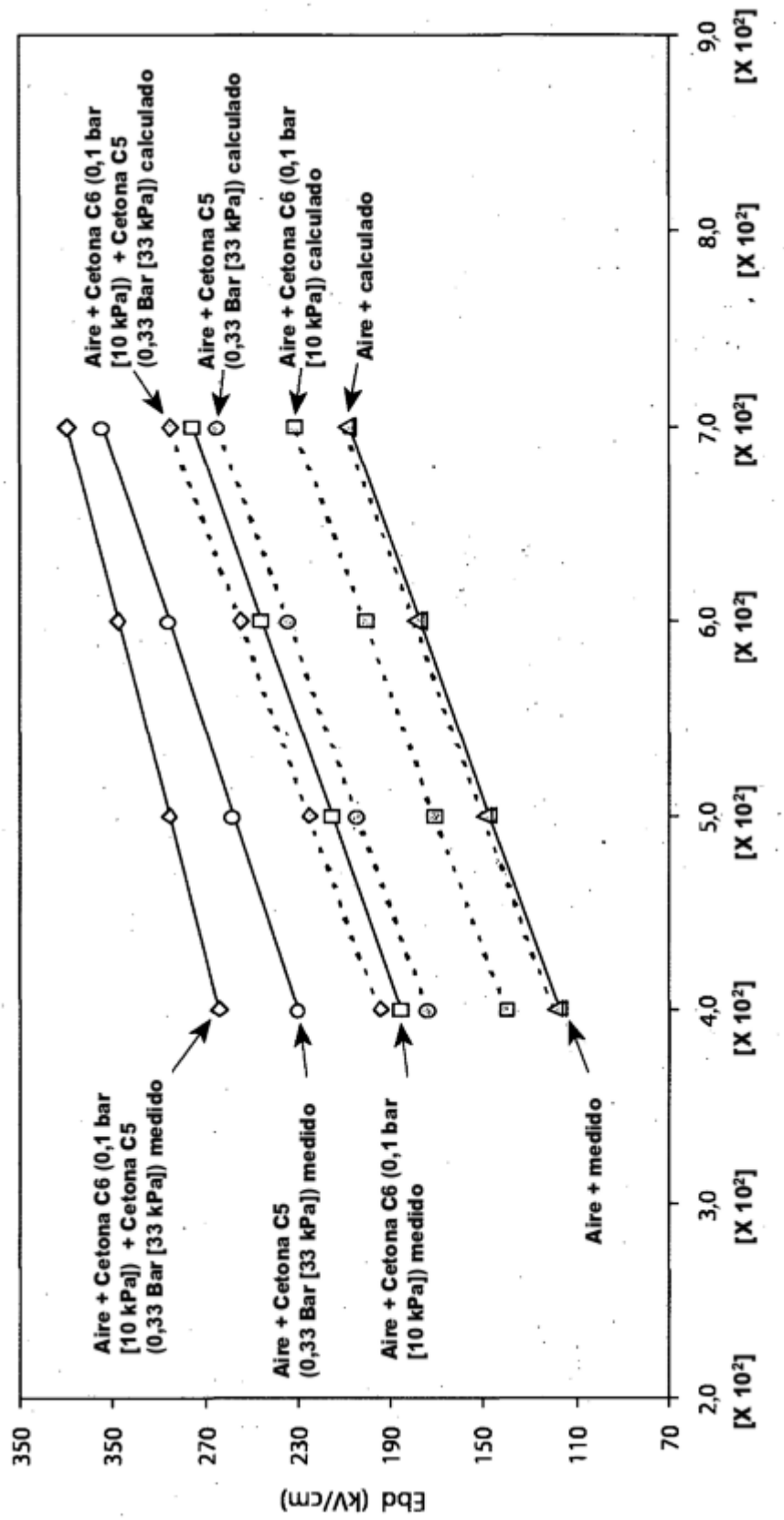

Ebd (kV/cm)
350
350
270
230
190
150
110
70
2,0
[X 10²]
3,0
[X 10²]
4,0
[X 10²]
5,0
[X 10²]
6,0
[X 10²]
7,0
[X 10²]
8,0
[X 10²]
9,0
[X 10²]
Pabs (bar) [kPa]
Aire + Cetona C6 (0,1 bar [10 kPa]) + Cetona C5 (0,33 Bar [33 kPa]) medido
Aire + Cetona C5 (0,33 Bar [33 kPa]) medido
Aire + Cetona C6 (0,1 bar [10 kPa]) medido
Aire + medido
Aire + Cetona C6 (0,1 bar [10 kPa]) + Cetona C5 (0,33 Bar [33 kPa]) calculado
Aire + Cetona C5 (0,33 Bar [33 kPa]) calculado
Aire + Cetona C6 (0,1 bar [10 kPa]) calculado
Aire + calculado

Fig. 1

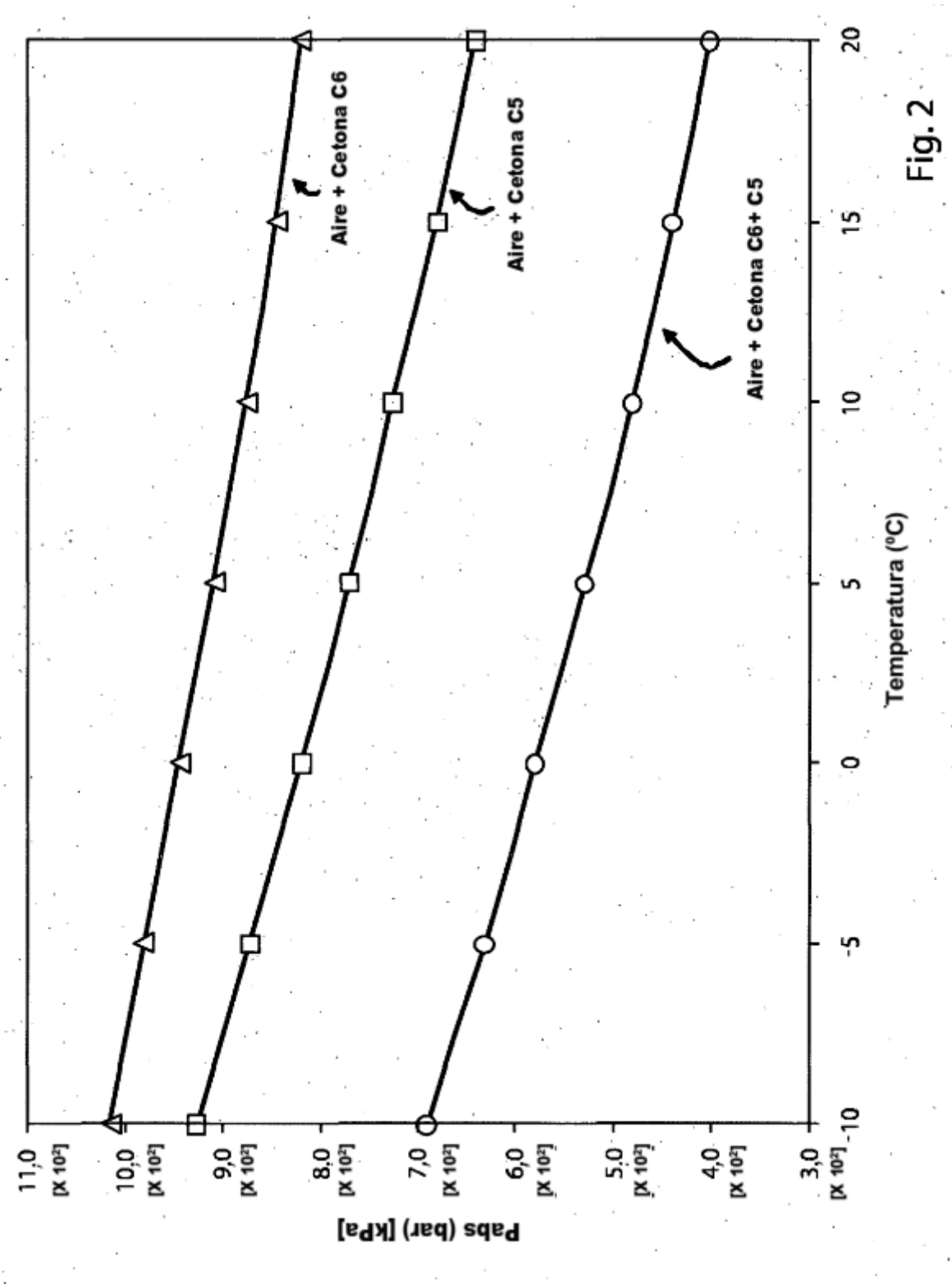

Aire + Cetona C6
Aire + Cetona C5
Aire + Cetona C6+ C5
Pabs (bar) [kPa]
11,0 [X 10²]
10,0 [X 10²]
9,0 [X 10²]
8,0 [X 10²]
7,0 [X 10²]
6,0 [X 10²]
5,0 [X 10²]
4,0 [X 10²]
3,0 [X 10²]
-10
-5
0
5
10
15
20
Temperatura (ºC)

Fig. 2

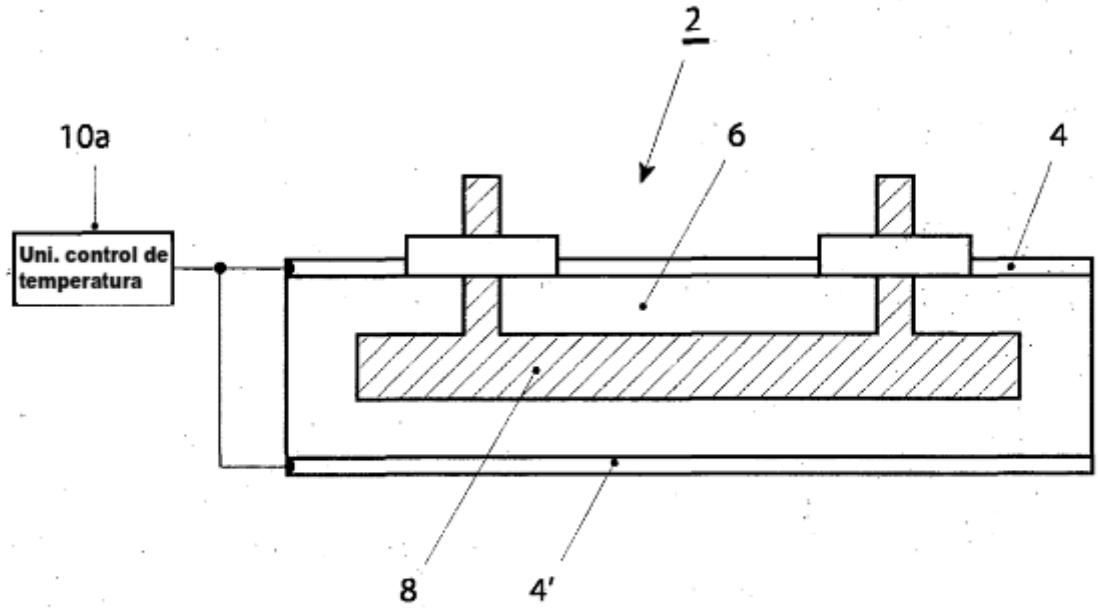

2
10a
6
4
Uni. control de temperatura
8
4'

Fig. 3

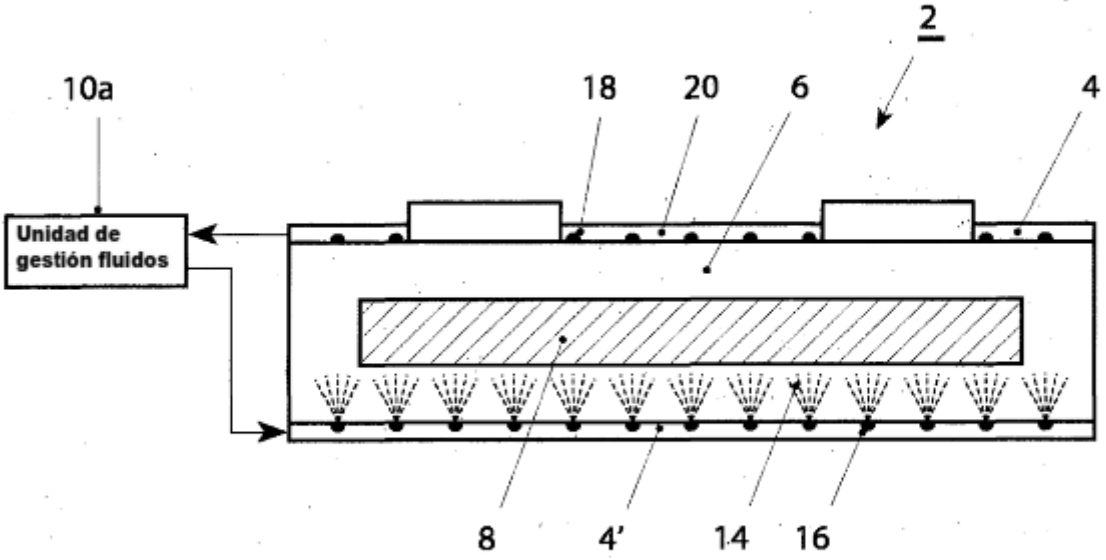

2
10a
18
20
6
4
Unidad de gestión fluidos
8
4'
14
16

Fig. 4

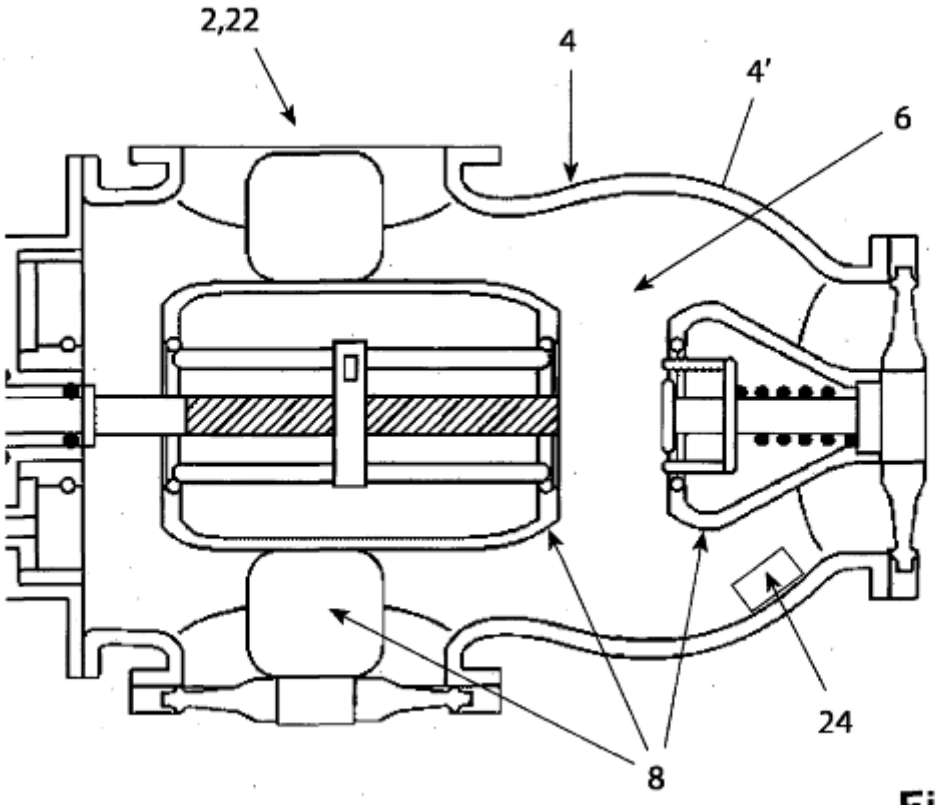

2,22
4
4'
6
24
8

Fig. 5

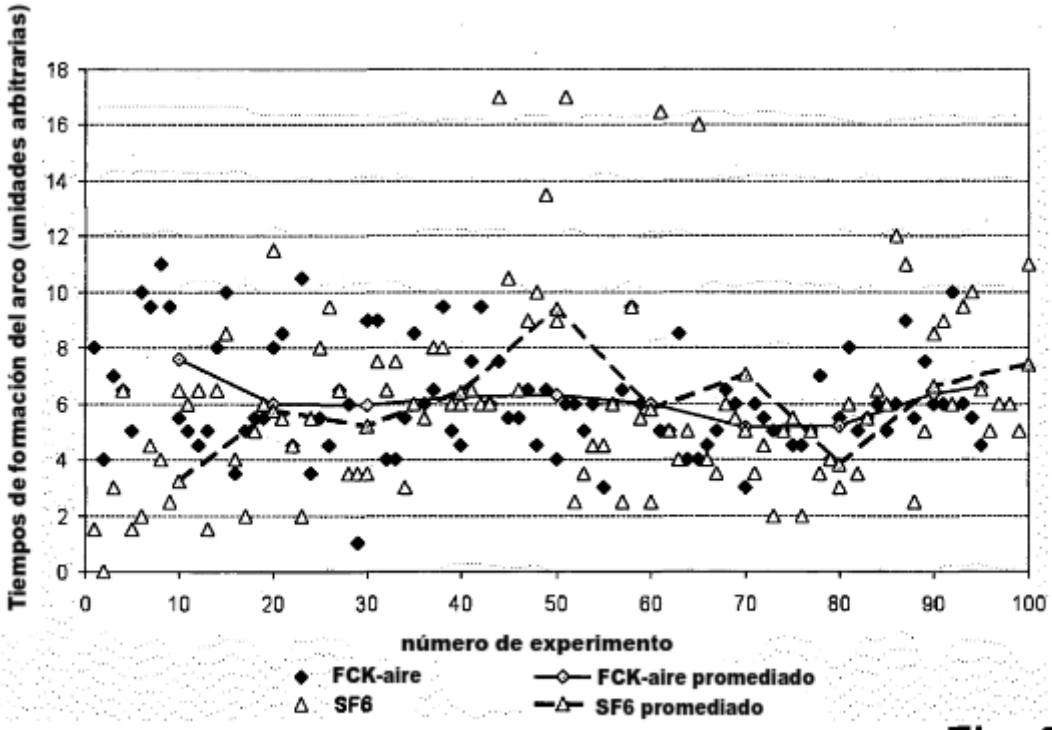

Tiempos de formación del arco (unidades arbitrarias)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
número de experimento
FCK-aire
SF6
FCK-aire promediado
SF6 promediado

Fig. 6

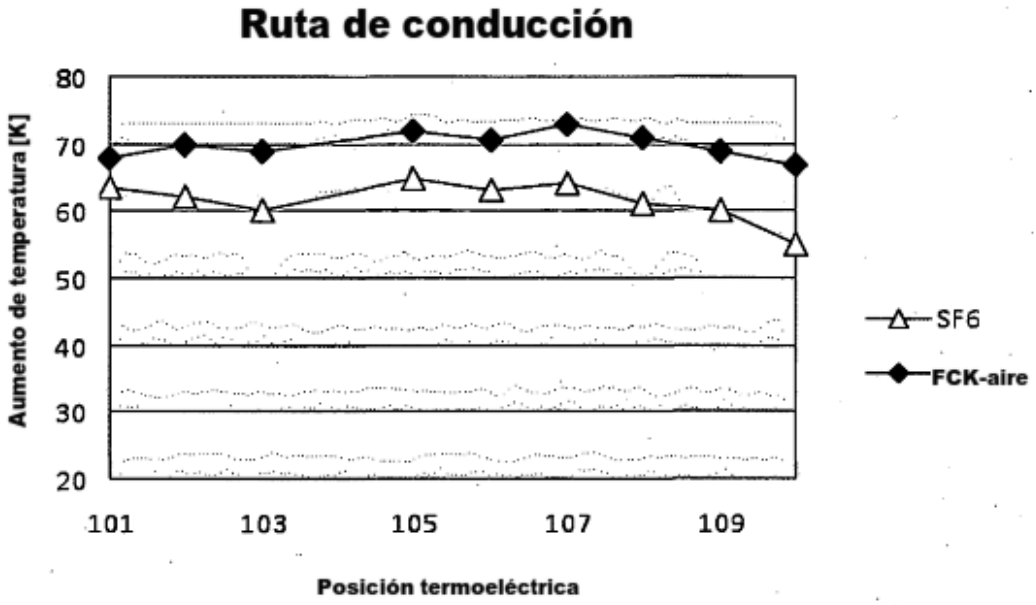

Ruta de conducción
Aumento de temperatura [K]
80
70
60
50
40
30
20
101
103
105
107
109
Posición termoeléctrica
SF6
FCK-aire

Fig. 7a

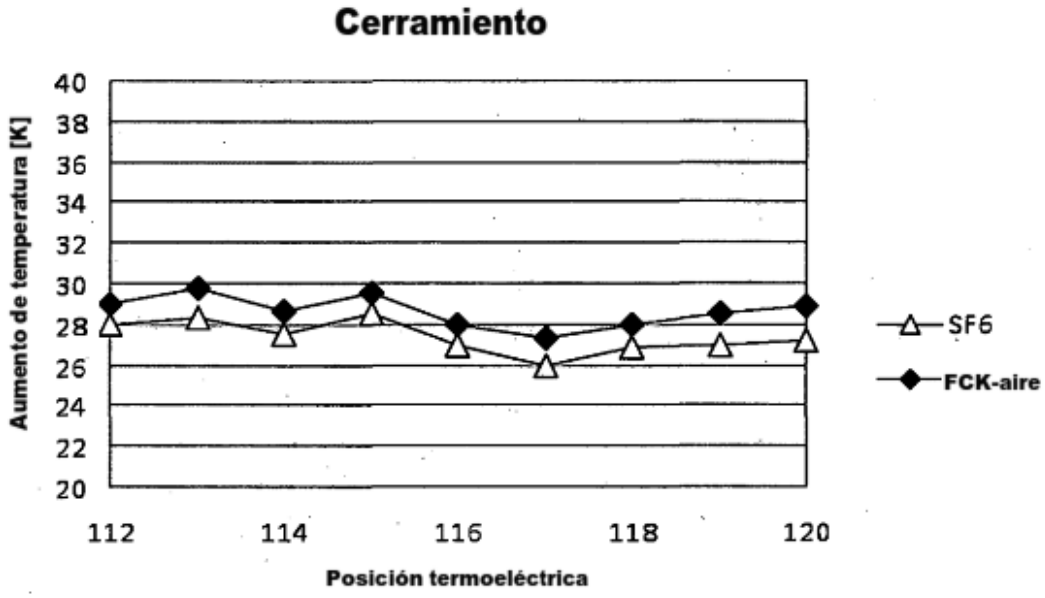

Cerramiento
Aumento de temperatura [K]
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
112
114
116
118
120
Posición termoeléctrica
SF6
FCK-aire

Fig. 7b

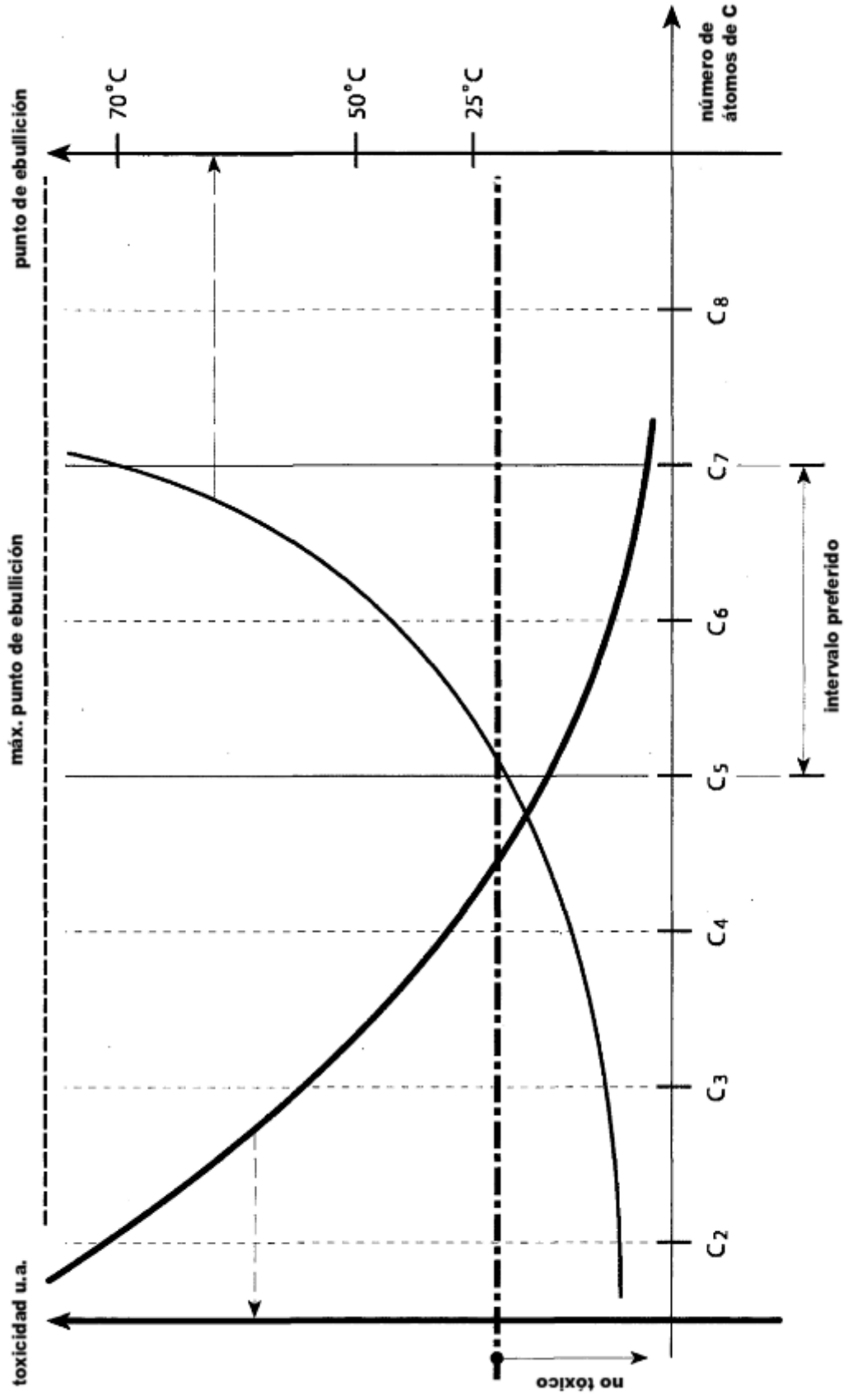

70°C
50°C
25°C
número de átomos de c
punto de ebullición
máx. punto de ebullición
toxicidad u.a.
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
intervalo preferido
no tóxico

Fig. 8

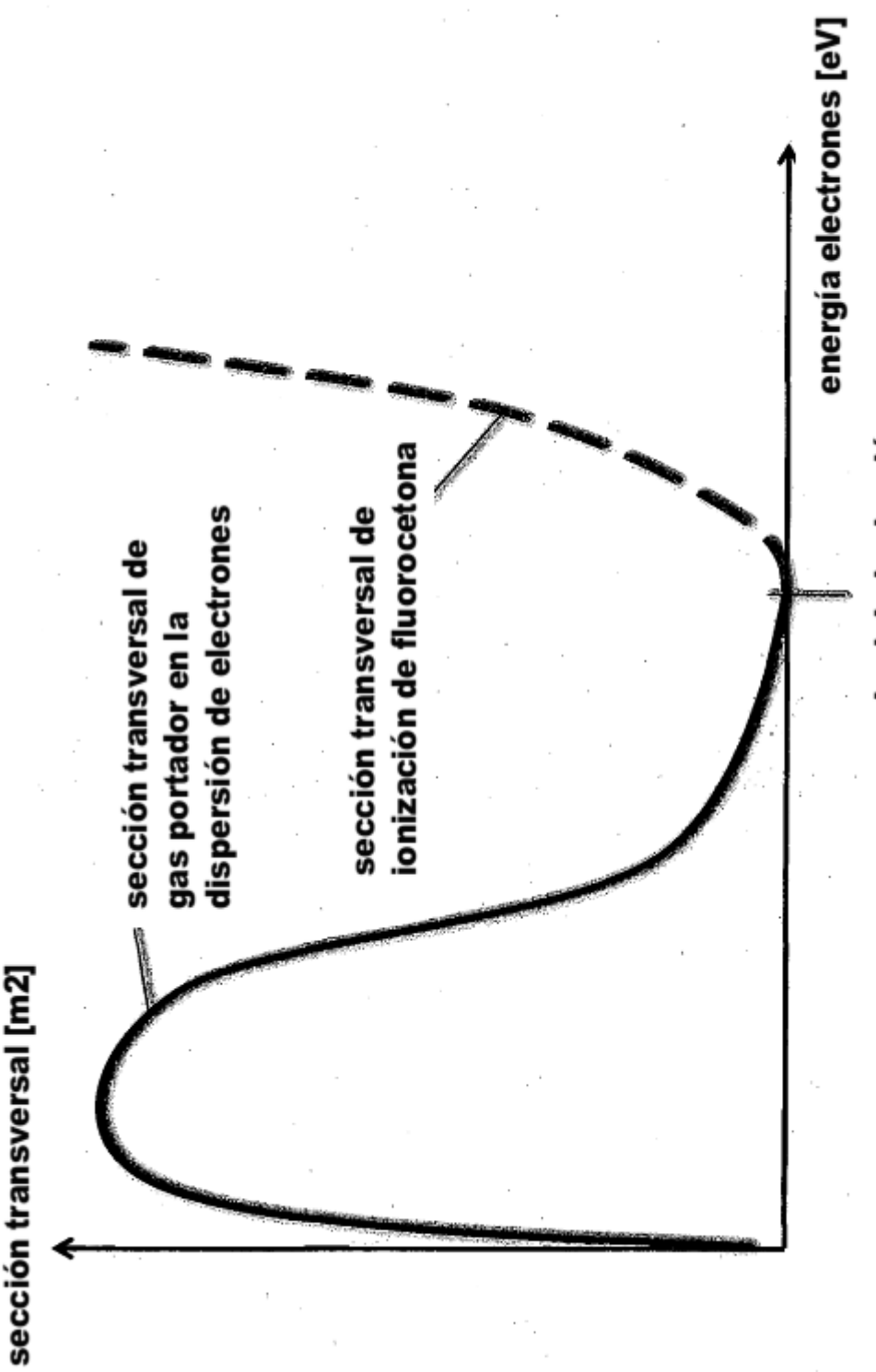

sección transversal [m2]
sección transversal de gas portador en la dispersión de electrones
sección transversal de ionización de fluorocetona
energía electrones [eV]
umbral de ionización

Fig. 9

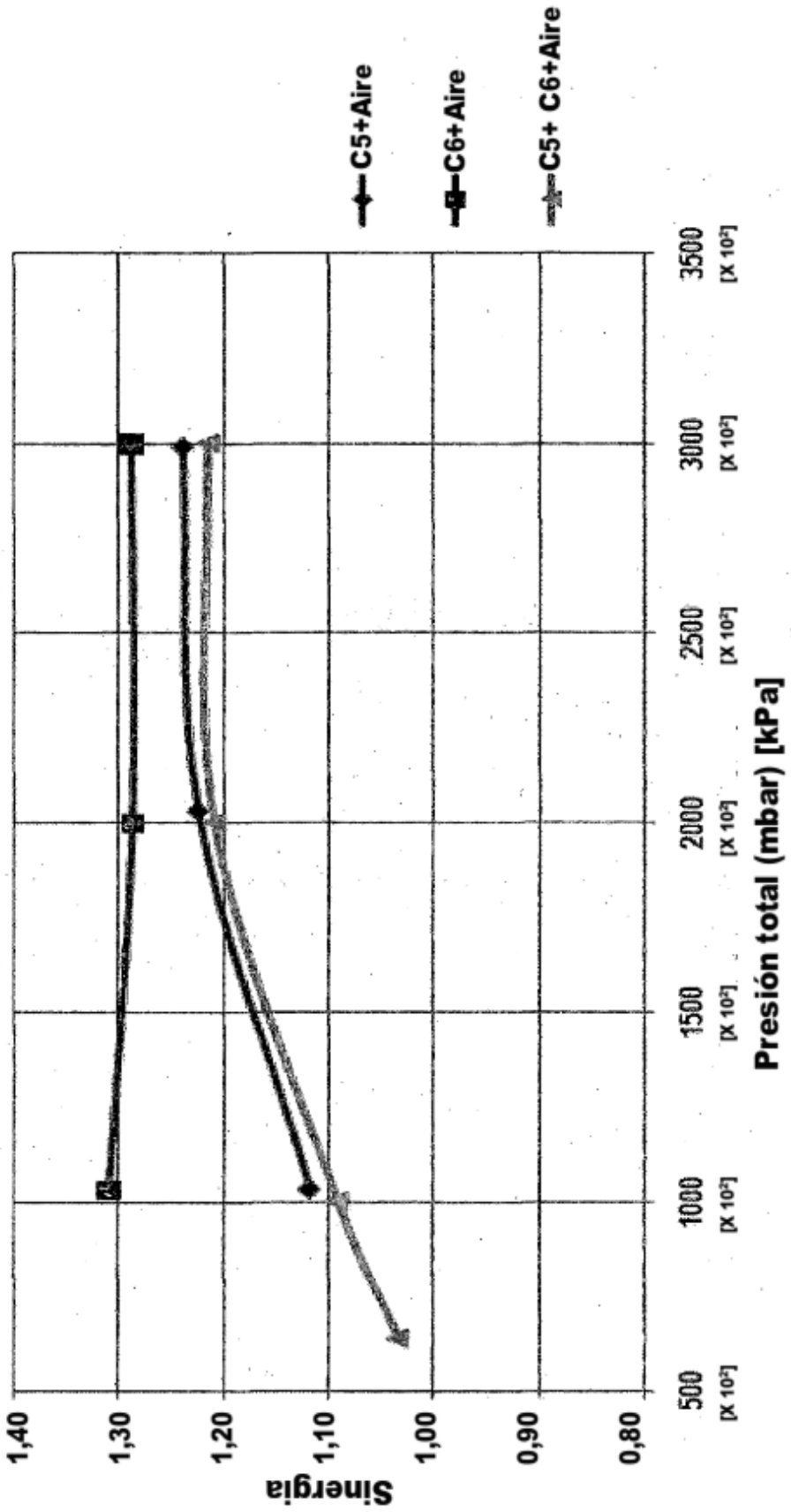

C5+Aire
C6+Aire
C5+ C6+Aire
Sinergia
1,40
1,30
1,20
1,10
1,00
0,90
0,80
500 [X 10³]
1000 [X 10³]
1500 [X 10³]
2000 [X 10³]
2500 [X 10³]
3000 [X 10³]
3500 [X 10³]
Presión total (mbar) [kPa]

Fig. 10

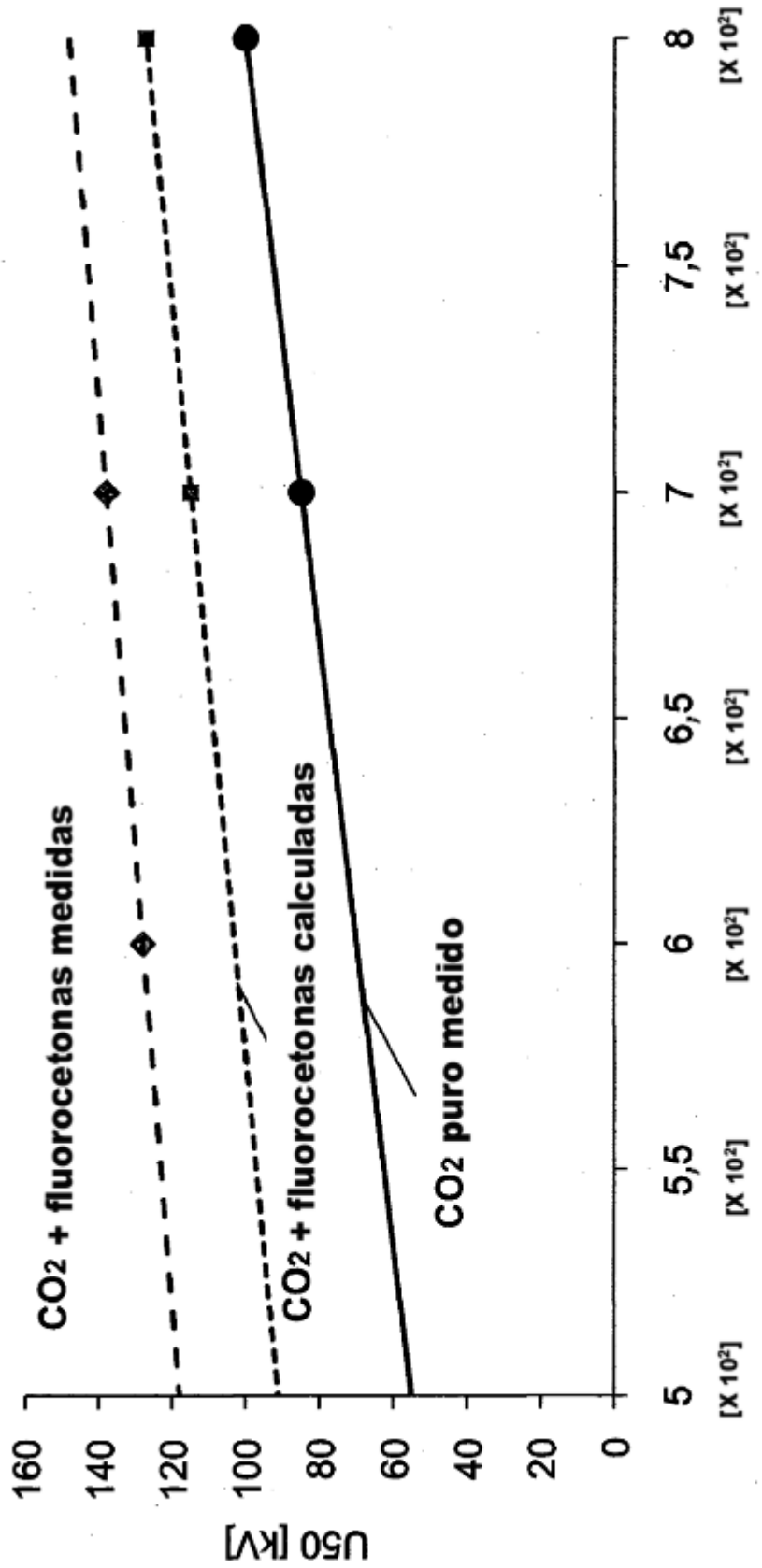

CO2 + fluorocetonas medidas
CO2 + fluorocetonas calculadas
CO2 puro medido
U50 [kV]
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
[X 10²]
5,5
[X 10²]
6
[X 10²]
6,5
[X 10²]
7
[X 10²]
7,5
[X 10²]
8
[X 10²]
p (bar) [kPa]

Fig. 11a

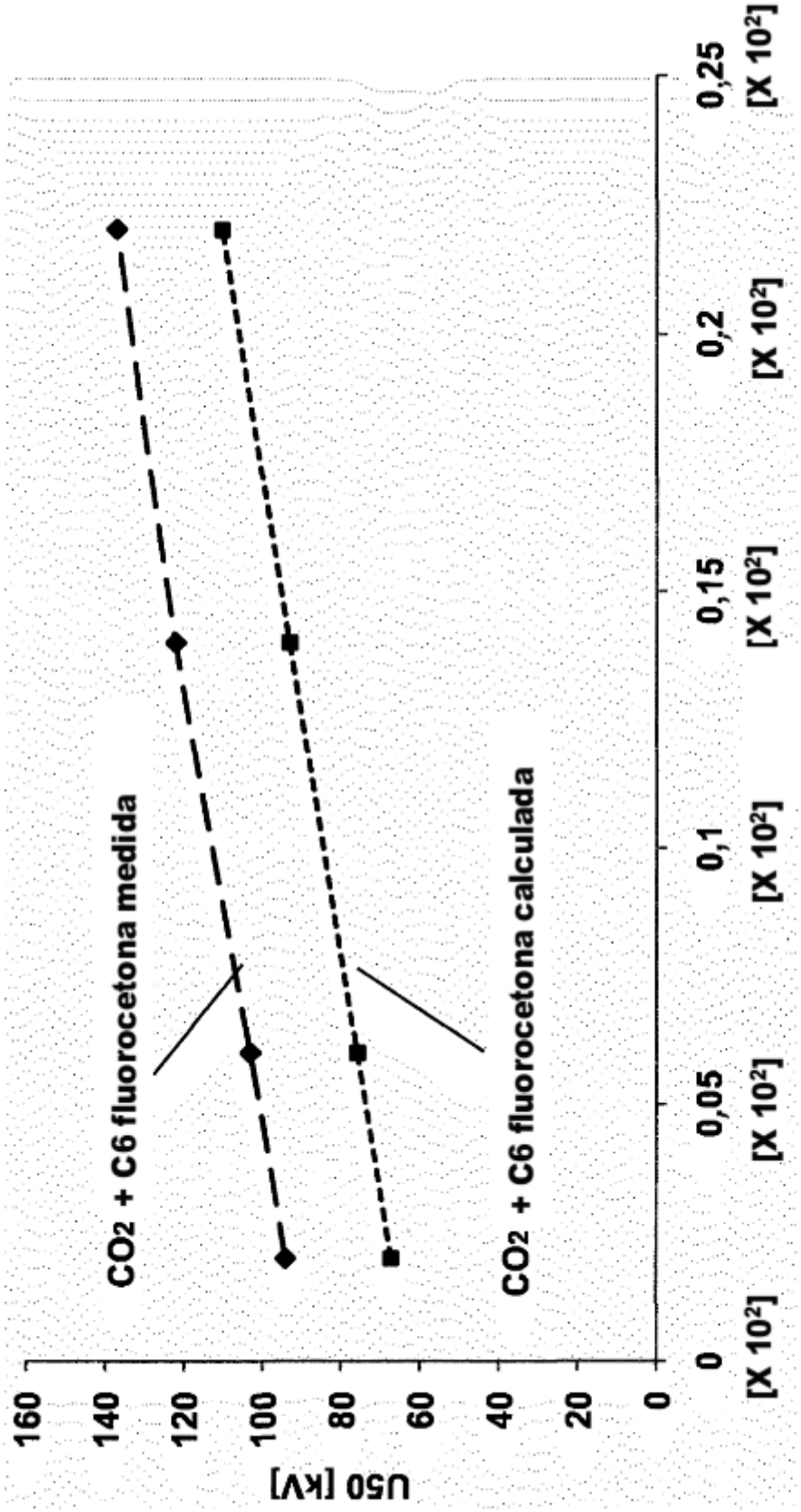

U50 [kV]
160
140
120
100
80
60
40
20
0
CO2 + C6 fluorocetona medida
CO2 + C6 fluorocetona calculada
0 [X 10²]
0,05 [X 10²]
0,1 [X 10²]
0,15 [X 10²]
0,2 [X 10²]
0,25 [X 10²]
pc6 (bar) [kPa]

Fig. 11b

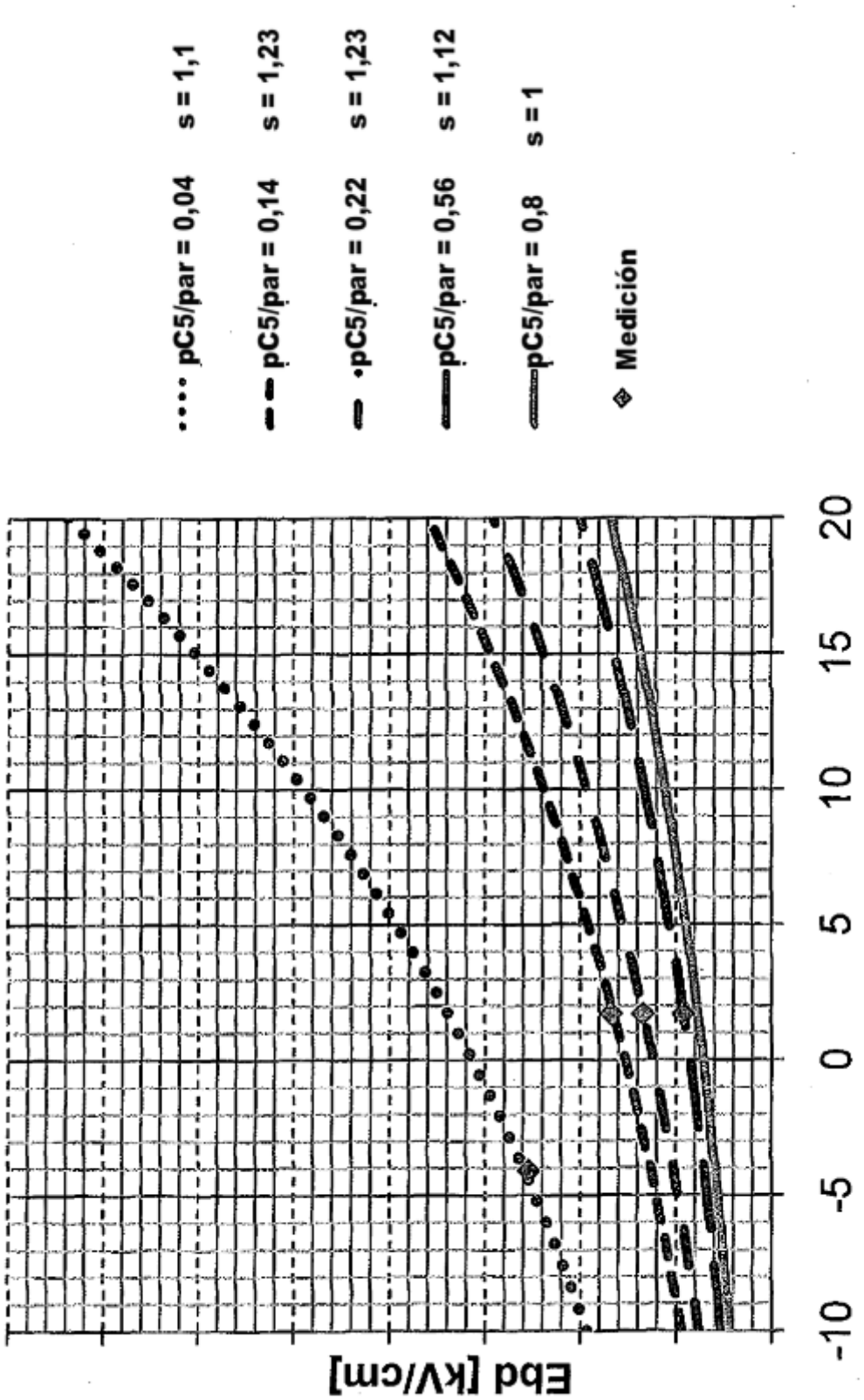

pC5/par = 0,04 s = 1,1
pC5/par = 0,14 s = 1,23
pC5/par = 0,22 s = 1,23
pC5/par = 0,56 s = 1,12
pC5/par = 0,8 s = 1
Medición
Ebd [kV/cm]
-10
-5
0
5
10
15
20
Temperatura de condensación [ºC]

Fig. 12