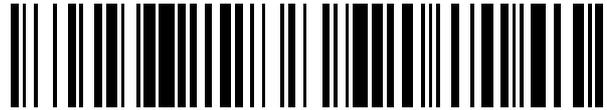


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 732**

21 Número de solicitud: 201831234

51 Int. Cl.:

H01B 3/56

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

18.12.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.06.2020

71 Solicitantes:

**ORMAZABAL CORPORATE TECHNOLOGY, A.I.E.
(100.0%)**

**Parque Empresarial Boroa, Parcela 3A
48340 AMOREBIETA-ETXANO (Bizkaia) ES**

72 Inventor/es:

**LARRIETA ZUBIA, Javier y
IZCARA, Jesús**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Sistema de aislamiento eléctrico de bajo impacto ambiental para aparataje eléctrica de media y alta tensión**

57 Resumen:

Sistema de aislamiento eléctrico de bajo impacto ambiental para aparataje eléctrica de media y alta tensión.

La invención se refiere a un sistema de aislamiento eléctrico que comprende dos elementos fundamentales:

a) un medio gaseoso formado por una mezcla de i) una o más fluorocetonas altamente fluoradas de entre 5 y 6 átomos de carbono, ii) una o más hidrofluoroolefinas no inflamables de 4 átomos de carbono, y iii) uno, dos o tres gases vectores seleccionados entre N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de los mismos; y

b) un tamiz molecular capaz de adsorber de forma preferente las moléculas de agua frente a las moléculas de los gases vectores presentes en el medio gaseoso del sistema.

ES 2 767 732 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de aislamiento eléctrico de bajo impacto ambiental para aparata eléctrica de media y alta tensión

5

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se enmarca en el campo de los sistemas de aislamiento eléctrico para su uso en aparata eléctrica de media y alta tensión. Más particularmente, la invención se refiere a un sistema de aislamiento eléctrico que comprende dos elementos fundamentales:

a) un medio gaseoso formado por una mezcla de i) una o más fluorocetonas altamente fluoradas de entre 5 y 6 átomos de carbono, ii) una o más hidrofluoroolefinas no inflamables de 4 átomos de carbono , y iii) uno, dos o tres gases vectores seleccionados entre N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de los mismos; y

15

b) un tamiz molecular capaz de adsorber de forma preferente las moléculas de agua frente a las moléculas de los gases vectores presentes en el medio gaseoso del sistema.

20

Asimismo, la invención se refiere al uso del sistema de aislamiento eléctrico, así como a la aparata eléctrica de media o alta tensión que comprende un recinto cerrado en cuyo interior se encuentran componentes eléctricos bajo tensión y un sistema de aislamiento eléctrico de acuerdo con la invención.

25

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El aislamiento eléctrico en los equipos de media y alta tensión se garantiza normalmente mediante el uso de un gas dieléctrico que se introduce en un recinto cerrado y estanco donde se encuentran los componentes en tensión de los equipos eléctricos.

30

El gas dieléctrico más empleado en los últimos años es el gas SF₆ debido a sus excelentes propiedades dieléctricas y, entre otras muchas ventajas más, a que no es tóxico para las personas. Sin embargo, este gas presenta un gran impacto ambiental debido a su alto potencial de efecto invernadero (GWP = 22800).

35

Por esta razón, en los últimos años se buscan gases alternativos que puedan sustituir a este gas en este tipo de equipos. Se han barajado diferentes gases alternativos al SF6 con buenas propiedades dieléctricas pero por una u otra razón (toxicidad no aceptable, alto poder de efecto invernadero, inflamabilidad etc.) no han sido implantados finalmente.

5

Asimismo, el empleo como medio dieléctrico en estos equipos únicamente de gases más amigables con el medio ambiente como el aire seco, el N2, el O2 o el CO2 supondría un considerable aumento del tamaño de estos equipos para un nivel de tensión dada, debido a la menor rigidez dieléctrica de estos gases frente al SF6. Otra opción en este caso sería

10 aumentar la presión de llenado de los equipos a valores superiores a los empleados con SF6 (alrededor de 1300 mbares), pero ello implicaría condicionar el diseño al cumplimiento de los distintos Reglamentos nacionales existentes para recipientes con presiones superiores a 1500 mbares con el consiguiente aumento de costo del equipo.

15 Una alternativa prometedora son las fluorocetonas no solo porque poseen una buena rigidez dieléctrica sino también porque algunas de ellas no son tóxicas para el ser humano y presentan un impacto ambiental muy inferior al del gas SF6. Los documentos WO2010/1460022 o WO2010/142346 ya describen de hecho el uso de fluorocetonas para el aislamiento eléctrico en aparatos de media y alta tensión.

20

Otros documentos como WO2012/160158 y WO2012/160155 describen mezclas de fluorocetonas con gases vectores como CO2, el N2, el O2, el aire o mezclas de ellos.

Otro problema que afecta negativamente a la capacidad dieléctrica de los sistemas

25 gaseosos de aislamiento es la presencia de moléculas de agua procedentes de los materiales con los que se fabrican algunos componentes eléctricos de la propia aparamenta. El agua puede aparecer en el recinto cerrado y estanco de la aparamenta donde se encuentra el gas aislante porque algunos materiales termoplásticos empleados en la fabricación de componentes eléctricos como, por ejemplo, las poliamidas pueden contener

30 agua en su interior. Por ejemplo en el caso de las poliamidas pueden tener absorbidas entre un 4.5 y un 7.5% en peso de agua.

La presencia de agua en el medio gaseoso hace disminuir las propiedades dieléctricas del mismo por lo que se debe evitar su presencia. Para solventar el problema del agua presente

35 en las aparamentas eléctricas se han usado desecantes y también tamices moleculares. Un tamiz molecular es un material que contiene poros pequeños de un tamaño preciso y

uniforme, y que se usa como agente adsorbente para gases y líquidos. Las moléculas que son lo suficientemente pequeñas para pasar a través de los poros son adsorbidas, mientras que las moléculas mayores no. A diferencia de un filtro, el proceso opera a nivel molecular. Por ejemplo, una molécula de agua puede ser lo suficientemente pequeña para pasar, mientras que otras moléculas más grandes no pueden hacerlo.

En sistemas de aislamiento con gas SF6 como único gas aislante la separación del agua es relativamente sencilla mediante tamices moleculares ya que el tamaño de la molécula de SF6 es sustancialmente mayor que el de la molécula de agua y por tanto la selección por tamaños de molécula no representa un problema importante.

Sin embargo, este problema no es tan fácil de resolver en sistemas gaseosos de aislamiento en los cuales existen moléculas de tamaños comparables a los de la molécula de agua como por ejemplo gases vectores como el N2, CO2, aire seco junto con aislantes como fluorocetonas. En este tipo de aislantes dieléctricos los gases que actúan como vectores (CO2, N2, aire, O2 etc.) tienen tamaños moleculares similares a los de la molécula del agua y los tamices pueden adsorber parte de estos gases en vez de las moléculas de agua.

El documento WO 2016/116637 de los autores de la presente invención resolvió este problema mediante un medio gaseoso formado por una o más fluorocetonas, otro gas dieléctrico adicional, particularmente fluoronitrilo y por uno o más gases vectores y un tamiz molecular de unas determinadas características.

Existe, no obstante, la necesidad de desarrollar sistemas aislantes para aparata eléctrica de medio y alto voltaje basados en gases o mezclas de gases que permitan, además de ejercer su función principal de aislamiento eléctrico, proporcionar características mejoradas en cuanto a seguridad, impacto ambiental o durabilidad que aumenten la versatilidad de los sistemas de aislamiento existentes y permitan aumentar la adaptabilidad de los sistemas de aislamiento al mayor número de condiciones de trabajo posible a las cuales los sistemas o aparata de media y alta tensión se pueden ver sometidos.

Una alternativa son los sistemas basados en mezclas de fluorocetonas y hidrofluoroolefinas ambos gases con una alta rigidez dieléctrica. El documento WO2013/041695 describe medios gaseosos de aislamiento eléctrico basados en mezclas compuestas por una hidrofluoroolefina de 3 átomos de carbono, como por ejemplo HFO-1234ze o HFO-1234yf, y una fluorocetona de 5 átomos de carbono. Las hidrofluoroolefinas de 3 átomos de

carbono HFO-1234ze o HFO-1234yf tienen, sin embargo, el problema de que pueden ser inflamables a ciertas concentraciones y temperaturas de funcionamiento de la aparata eléctrica de media y alta tensión a la cual se dirigen los sistemas de aislamiento aquí descritos.

5

Los autores de la presente invención han desarrollado un sistema de aislamiento eléctrico para aparata de media y alta tensión basado en una mezcla de fluorocetonas y hidrofluoroolefinas que mantiene o incluso mejora la rigidez dieléctrica de sistemas similares pero que disminuye el riesgo de ignición frente a la mezcla gaseosa descrita en WO2013/041695 y que además permite que la capacidad de aislamiento dieléctrico no se vea afectada por la presencia de agua que pueda aparecer en el interior de los recintos cerrados de dicha aparata eléctrica, donde se encuentran los componentes eléctricos aislados con los gases dieléctricos. Además, el sistema de la presente invención posee excelentes características medioambientales y una muy baja toxicidad.

15

OBJETO DE LA INVENCION

Es por tanto un objeto de la invención un sistema de aislamiento eléctrico de bajo impacto ambiental para aparata eléctrica de media o alta tensión que representa una solución a los problemas antes planteados. De manera más particular el objeto principal de la presente invención es un sistema de aislamiento eléctrico para aparata eléctrica de media o alta tensión que comprende:

20

a) un medio gaseoso formado por una mezcla de:

25

- i) una o más fluorocetonas de entre 5 y 6 átomos de carbono;
- ii) una o más hidrofluoroolefinas no inflamables de 4 átomos de carbono; y
- iii) uno, dos o tres gases vectores seleccionados entre N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de los mismos;

30

b) un tamiz molecular con un tamaño de poro de 3 a 6 Å y una superficie polar.

Otro objeto de la invención es el uso del sistema de aislamiento eléctrico de la invención para el aislamiento eléctrico y/o para la extinción de arcos eléctricos en aparata eléctrica de media o alta tensión.

35

Un objeto adicional de la invención es un método para el aislamiento eléctrico y/o la extinción de arcos eléctricos en aparata eléctrica de media y alta tensión que comprende la introducción del sistema de aislamiento eléctrico en un recinto cerrado y estanco donde se hallen los componentes eléctricos bajo tensión de dicha aparata eléctrica de media o alta tensión.

Un último objeto de la presente invención es una aparata eléctrica de media o alta tensión que comprende un recinto cerrado en cuyo interior se encuentran componentes eléctricos bajo tensión y un sistema de aislamiento eléctrico de acuerdo con la presente invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1: representación de la estructura de la zeolita A.

Figura 2: representación de la ubicación de los cationes de sodio en la estructura A de la zeolita.

Figura 3: equipo BAUR DTA-100E que sirve para la determinación de la rigidez dieléctrica de sistemas gaseosos de aislamiento eléctrico.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Un primer objeto de la invención se refiere a un sistema de aislamiento eléctrico para aparata eléctrica de media o alta tensión que comprende:

- a) un medio gaseoso formado por una mezcla de:
 - i) una o más fluorocetonas de entre 5 y 6 átomos de carbono;
 - ii) una o más hidrofluoroolefinas no inflamables de 4 átomos de carbono; y
 - iii) uno, dos o tres gases vectores seleccionados entre N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de los mismos;
- b) un tamiz molecular con un tamaño de poro de 3 a 6 Å y una superficie polar.

El primer elemento del sistema de aislamiento eléctrico de la invención es el medio gaseoso. Dentro de este medio gaseoso uno de los elementos esenciales son las fluorocetonas de entre 5 y 6 átomos de carbono.

5 En una realización particular y preferida de la invención las fluorocetonas tienen respectivamente las formulas estructurales $\text{CF}_3\text{-CO-CF-(CF}_3)_2$ (a la que nos referiremos como C5K) y $\text{CF}_3\text{-CF}_2\text{-CO-CF-(CF}_3)_2$ (a la que nos referiremos como C6K). La razón por la cual estas dos fluorocetonas son especialmente preferidas es porque son productos con una buena rigidez dieléctrica, con muy bajo poder de efecto invernadero (global warming potential o GWP =1) y además no son tóxicas. Por ejemplo, para la fluorocetona C5K el
10 valor límite ambiental de exposición diaria, VLA-ED (8 horas), es de 225 ppmv.

El segundo elemento esencial del medio gaseoso serían las hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono. De manera particular, las hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono preferidas
15 son el cis-1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-buteno (HFO-1336mzzZ) y el trans-1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-buteno (HFO-1336mzzE).

Estas dos hidrofluoroolefinas tienen igualmente un poder de efecto invernadero muy bajo, concretamente la HFO-1336mzzZ tiene un GWP de 2 y la HFO-1336mzzE tiene un GWP
20 de 18, y sus niveles de toxicidad son suficientemente bajos para poder ser aplicadas de forma segura en equipos eléctricos de media y alta tensión. Por ejemplo, para la hidrofluoroolefina HFO-1336mzzZ el valor límite ambiental de exposición diaria, VLA-ED (8 horas), es de 500 ppmv.

25 Pero además, una ventaja especialmente relevante de las hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono y, de manera particular, tanto de la hidrofluoroolefina HFO-1336mzzZ como de la HFO-1336mzzE, es que no son inflamables, esto es, no presentan límites de inflamabilidad a temperaturas de funcionamiento habituales de los equipos eléctricos de media y alta tensión, A diferencia de las hidrofluoroolefinas de 3 átomos de carbono que si
30 presentan límites de inflamabilidad a dichas temperaturas. Asi, por ejemplo, la hidrofluoroolefina de 3 átomos de carbono HFO-1234yf presenta a 21°C un límite inferior de inflamabilidad del 6.2% (% vol en aire) y un límite superior de inflamabilidad de 12.3% (% vol en aire) s/ASTM E681-01. La hidrofluoroolefina de 3 átomos de carbono HFO-1234zeE no presenta límites de inflamabilidad a 21°C pero si por encima de los 30°C, de manera que por
35 ejemplo a 60°C el límite inferior de inflamabilidad es del 5.7% (% vol en aire) y el límite superior de inflamabilidad es de 11.3% (% vol en aire) s/ASTM E681-01. Esto hace que los

sistemas basados en mezclas con hidrofuroolefinas de 3 átomos de carbono, como las anteriormente mencionadas; no sean seguros a determinadas condiciones de trabajo. Por ejemplo, de los datos anteriores se deduce que una mezcla formada por un 10% C5K + 8% HFO-1234zeE + AIRE SECO (es decir, con un 9.75% de HFO-1234zeE en aire) sería inflamable a 60°C, mientras que la mezcla con un 10% C5K + 8% HFO-1336mzzZ + AIRE SECO no sería inflamable 60°C.

Por el contrario, el uso de hidrofuroolefinas de 4 átomos de carbono permite que el sistema mixto de fluorocetonas y hidrofuroolefinas de la presente invención tengan un grado superior de seguridad a los ya existentes como por ejemplo el descrito en WO2013/041695.

El último elemento de la mezcla gaseosa del sistema de aislamiento eléctrico de la invención es el o los **gases vectores**. Como gases vectores se conocen a los gases usados para diluir la o las fluorocetonas y la o las hidrofuroolefinas, y que aunque poseen una rigidez dieléctrica menor permiten que el medio gaseoso se comporte como tal a bajas temperaturas. Por otro lado, suelen ser gases completamente inocuos (no tóxicos) y generalmente con un impacto ambiental reducido. Los gases vectores pueden ser variados como N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de ellos. De manera particular y preferida, los gases vectores se seleccionan en el sistema de la presente invención entre N₂, O₂, aire seco o mezclas de los mismos.

Una realización particular y preferida de la invención se refiere a un sistema de aislamiento eléctrico donde la mezcla gaseosa comprende una fluorocetona, de 5 o 6 átomos de carbono, más preferiblemente la fluorocetona C5K, una o más hidrofuroolefinas de 4 átomos de carbono y uno o más gases vectores. En esta realización de manera preferente los gases vectores se seleccionan entre N₂, O₂, aire seco o mezclas de los mismos.

La rigidez dieléctrica total de la mezcla gaseosa vendrá influenciada por la cantidad de fluorocetona o fluorocetonas y de hidrofuroolefina o hidrofuroolefinas de 4 átomos de carbono, de manera que cuanta más fluorocetona(s) y más hidrofuroolefina(s) haya en la mezcla gaseosa mayor será su rigidez dieléctrica.

Sin embargo, la cantidad de fluorocetona y de hidrofuroolefina de 4 átomos de carbono en la mezcla gaseosa viene condicionada por la temperatura mínima de funcionamiento de la aparatamenta donde se vaya a emplear. De manera general, cuanto menor sea la temperatura mínima de funcionamiento de la aparatamenta eléctrica menor cantidad de

fluorocetonas y de hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono se podrá meter en la mezcla gaseosa ya que es deseable evitar su condensación parcial a bajas temperaturas.

5 El otro elemento fundamental del sistema de aislamiento eléctrico de la invención, aparte del medio gaseoso, es un tamiz molecular con un tamaño de poro de 3 a 6 Å y una superficie polar.

10 Un tamiz molecular como ya se apuntaba más arriba es un material que contiene poros pequeños de un tamaño preciso y uniforme que se usa como adsorbente para gases y para líquidos. Los tamices moleculares son capaces de discriminar a nivel de tamaño molecular de modo que las moléculas que son lo suficientemente pequeñas para pasar a través de los poros son adsorbidas mientras que las moléculas mayores no lo son.

15 El uso del tamiz molecular en el sistema de aislamiento eléctrico de la invención, se justifica por la necesidad de adsorber las moléculas de agua presentes en los materiales de algunos componentes que forman la aparamenta eléctrica ya que la presencia de dichas moléculas afecta negativamente a la rigidez dieléctrica y por tanto a la capacidad como aislante de la mezcla gaseosa con fluorocetonas y hidrofluoroolefinas.

20 Los tamices moleculares tienen una gran capacidad de adsorción de agua que en algunos casos puede llegar hasta el 22% de su propio peso en agua. No obstante, debido a que las moléculas de los gases vectores (N₂, O₂, aire seco o helio) de la mezcla gaseosa del sistema de aislamiento tienen un tamaño molecular similar al de la molécula de agua, es preciso que el tamiz molecular tenga capacidad de separar selectivamente las moléculas de
25 agua frente a las de estos gases.

Para ello los inventores han descubierto que el uso de un tamiz molecular con un tamaño de poro de 3 a 6 Å y una superficie polar permite hacer esta discriminación y adsorber selectivamente las moléculas de agua frente a moléculas de N₂, O₂, aire seco o helio,
30 haciendo que el sistema de aislamiento eléctrico de la invención no vea alterada o deteriorada su rigidez dieléctrica.

Esta capacidad selectiva hacia el agua de los tamices del sistema de aislamiento eléctrico de la invención proviene no solo del tamaño del poro sino además, y especialmente para el
35 caso de moléculas de tamaño similar a la de agua, de la superficie polar de los tamices

moleculares. El hecho de que la superficie sea polar hace que atraiga con más apetencia aquellas moléculas más polares con preferencia sobre las menos polares.

La tabla 1 describe tanto el tamaño como la polaridad de determinadas moléculas:

5

Tabla 1.

Producto	Tamaño de la molécula, Angstroms	polaridad
Helio	2,551	10,2
Aire	3,711	78,6
Dióxido de carbono (CO ₂)	3,941	195,2
Agua (H ₂ O)	2,641	809,1
Nitrógeno (N ₂)	3,798	71,4
Oxígeno (O ₂)	3,467	106,7
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	5,128	222,1
Fluorocetona C5K	9,000 aprox.	
Hidrofluoroolefina HFO-1336mzzZ	> 6,500 aprox.	

10 A partir de estos datos es fácil entender que por ejemplo será fácil discriminar por tamaño la adsorción de las moléculas de agua frente a moléculas de por ejemplo SF₆, de fluorocetona o de hidrofluoroolefina, sin embargo, no lo es tanto frente a moléculas de los gases vectores como helio, O₂, N₂ o aire cuyos tamaños son parecidos. Frente a estas moléculas si es relevante la polaridad del agua mucho mayor que la de los otros gases vectores. Esta característica de las moléculas de agua es la que hace que estas sean adsorbidas de
15 manera preferente frente al resto cuando la superficie del tamiz es polar.

Hay tamices moleculares de diferente naturaleza como las zeolitas que son aluminosilicatos, vidrios porosos, arcillas, carbones microporosos, carbones activados, etc. En principio cualquier tamiz molecular es apropiado para su uso en el sistema de aislamiento eléctrico de
20 la invención siempre y cuando cumpla con que el tamaño de poro sea de entre 3 a 6 Å y posea una superficie polar.

No obstante, en una realización preferida de la invención el tamiz molecular posee un tamaño de poro de 3 a 4 Å.

También en una realización preferida el tamiz molecular es un tamiz de zeolita. La zeolita puede ser natural y preferiblemente zeolita sintética. Las zeolitas son aluminosilicatos que pueden presentar diferentes estructuras como la zeolita A, zeolita X, zeolita Y, etc.

- 5 En la realización preferida de la invención la zeolita tiene estructura A. En la figura 1 se puede observar la estructura de la Zeolita A. Los átomos de aluminio, silicio y oxígeno se asocian para formar unos octaedros truncados llamadas jaulas de sodalita. Las jaulas de sodalita se combinan en la Zeolita A en forma de cubo simple dejando un espacio interior llamado jaula α con una cavidad de 11.5 Å de diámetro accesible desde las aperturas de los
- 10 seis lados del cubo. Estas entradas están rodeadas por 8 átomos de oxígeno y uno o más cationes intercambiables bloquean parcialmente el área frontal. Cuando los cationes son de Sodio (Na^+) (ver figura 2) el anillo de átomos de oxígeno proporciona una “ventana” de 4,2 Å de diámetro para entrar al interior de la estructura (jaula α). Los cationes de sodio pueden ser parcialmente sustituidos por otros cationes en zeolitas sintéticas como por ejemplo por
- 15 potasio (K^+) o calcio (Ca^{2+}) dando lugar a aperturas de 3 Å y 5 Å respectivamente.

Además de contribuir a determinar el diámetro de apertura de los poros que, sin duda, es de relevancia en la discriminación molecular de los gases adsorbidos por las Zeolitas, contribuyen a que haya en la estructura cristalina de la zeolita cargas positivas y negativas

20 rígidamente establecidas que resultan en una distribución desigual de las cargas lo que crea que la superficie sea polar. Esta característica de la zeolita es precisamente la que permite adsorber con preferencia moléculas de agua frente a otras moléculas de gases vectores como N_2 , O_2 , aire seco o helio.

- 25 Otro objeto adicional de la invención viene representado por el uso de un sistema de aislamiento eléctrico como el anteriormente descrito para el aislamiento eléctrico y/o para la extinción de arcos eléctricos en aparata eléctrica de media o alta tensión.

El medio gaseoso que comprende una mezcla de una o más fluorocetonas de 5 y 6 átomos

30 de carbono, una o más hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono y uno o más gases vectores, proporciona una rigidez dieléctrica al sistema que el tamiz molecular con un tamaño de poro de 3 a 6 Å y una superficie polar se encarga de mantener debido a que es capaz de adsorber selectivamente las moléculas de agua que pueden aparecer en el medio gaseoso procedentes de algunos de los elementos de la aparata eléctrica de media y

35 alta tensión que se encuentran en el recinto cerrado y estanco de dicha aparata. Es por

ello, que el sistema de la invención es de gran utilidad en el aislamiento eléctrico y es capaz de extinguir arcos eléctricos en este tipo de aparata eléctrica.

Otro objeto adicional de la invención de alguna manera relacionado con el uso del sistema de aislamiento eléctrico de la invención se refiere a un método para el aislamiento eléctrico y/o la extinción de arcos eléctricos en aparata eléctrica de alta y media tensión que comprende la introducción de un sistema de aislamiento eléctrico que comprende:

10 a) un medio gaseoso formado por una mezcla de:

- i) una o más fluorocetonas de entre 5 y 6 átomos de carbono;
- ii) una o más hidrofluoroolefinas no inflamables de 4 átomos de carbono; y
- iii) uno, dos o tres gases vectores seleccionados entre N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de los mismos;

15

b) un tamiz molecular con un tamaño de poro de 3 a 6 Å y una superficie polar.

en un recinto cerrado y estanco donde se hallen los elementos a aislar de dicha aparata eléctrica de media o alta tensión.

20

Para ello inicialmente se colocan dentro del recinto una o más bolsas permeables a los gases y que contienen el tamiz molecular. Posteriormente se cierra el recinto de manera que sea perfectamente estanco y se le hace vacío. A continuación se introduce la mezcla gaseosa con la o las fluorocetonas, la o las hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono y el o los gases vectores hasta alcanzar la presión deseada.

25

Un último objeto de la invención se refiere a aparata eléctrica de media o alta tensión que comprende un recinto cerrado en cuyo interior se encuentran componentes eléctricos bajo tensión y un sistema de aislamiento eléctrico que comprende:

30

a) un medio gaseoso formado por una mezcla de:

- i) una o más fluorocetonas de entre 5 y 6 átomos de carbono;
- ii) una o más hidrofluoroolefinas no inflamables de 4 átomos de carbono; y
- 35 iii) uno, dos o tres gases vectores seleccionados entre N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de los mismos;

b) un tamiz molecular con un tamaño de poro de 3 a 6 Å y una superficie polar.

La figura 3 es un sistema de ensayo para la determinación experimental de la rigidez dieléctrica de sistemas gaseosos de aislamiento.

5

En una realización particular de la invención dicha aparatada puede ser una celda de distribución secundaria para redes de distribución eléctrica de hasta 72 kV.

A continuación se presentan ejemplos que permiten entender las posibles realizaciones de la invención:

10

Ejemplo 1: exposición detallada sobre modos de realización de la invención

Como realización preferente de esta invención se propone un sistema de aislamiento eléctrico dentro de un recinto cerrado y estanco que forma parte de una aparatada eléctrica de media o alta tensión, que comprende un tamiz molecular zeolítico con un tamaño de entre 3 a 6 Å, preferentemente entre 3Å y 4Å y además una mezcla gaseosa que comprende:

15

a) una fluorocetona completamente fluorada con formula estructural $CF_3-COCF_2-(CF_3)_2$ (que se denominará C5K) y

20

b) opcionalmente también otra fluorocetona completamente fluorada con formula estructural $CF_3-CF_2-CO-CF_2-(CF_3)_2$ (que se denominará C6K),

25

c) al menos una hidrofluoroolefina de cuatro átomos de carbono, como por ejemplo la HFO-1336mzzZ

d) y además de otro gas o gases vectores como por ejemplo, N₂, aire seco, O₂ o helio o cualquier combinación de ellos.

30

Las dos fluorocetonas mencionadas son productos con una buena rigidez dieléctrica, con muy bajo poder de efecto invernadero (GWP=1) y además no son tóxicas. Por ejemplo, para la fluorocetona C5K el valor límite ambiental de exposición diaria, VLA-ED (8horas), es de 225 ppmv.

35

La presencia en la mezcla gaseosa de una hidrofluoroolefina de 4 átomos de carbono como la HFO-1336mzzZ o la HFO-1336mzzE permite aumentar de manera sustancial la rigidez dieléctrica de la mezcla sin afectar negativamente a otros parámetros operativos.

- 5 La rigidez dieléctrica del sistema de aislamiento además de verse mejorada por la presencia del tamiz molecular selectivo empleado debido a la reducción de agua en el mismo también vendrá influenciada por el porcentaje de fluorocetona o fluorocetonas y por el porcentaje de hidrofluoroolefina de 4 átomos de carbono empleados en la mezcla gaseosa. De manera que cuanta más fluorocetona y hidrofluoroolefina de 4 átomos de carbono haya en la mezcla
- 10 gaseosa mayor será su rigidez dieléctrica, para una presión final de llenado determinada. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente la cantidad de fluorocetona y de hidrofluoroolefina de 4 átomos de carbono en la mezcla gaseosa viene condicionada por la temperatura mínima de funcionamiento de la aparata si se quiere evitar su condensación a bajas temperaturas (lo que conllevaría una reducción de las propiedades
- 15 dieléctricas de la mezcla gaseosa a esas bajas temperaturas).

En las dos siguientes tablas se muestran los valores de fracción molar de las fluorocetonas C5K y C6K, y de las hidrofluoroolefinas HFO-1336mzzZ y HFO-1336mzzE que se podrían emplear en la mezcla gaseosa sin que se produjera condensación de la misma para

20 diferentes temperaturas mínimas de funcionamiento de la aparata, suponiendo una temperatura de llenado de la aparata de 20 °C y con una presión total de llenado de la mezcla de 1400 mbares.

Tabla 2. Mezclas con fluorocetona C5K

25

Temp (°C)	Pvs, C5K (bar)	P, C5K (bar)	X, C5K
-40	0,036	0,045	0,032
-35	0,049	0,061	0,043
-30	0,067	0,081	0,058
-25	0,090	0,107	0,076
-20	0,120	0,139	0,099
-15	0,157	0,178	0,127
-10	0,203	0,226	0,162
-5	0,260	0,284	0,203
0	0,329	0,354	0,253

Tabla 3. Mezclas con fluorocetona C6K

Temp. (°C)	Pvs, C6K (bar)	P, C6K (bar)	X, C6K
-40	0,015	0,018	0,0131
-35	0,020	0,025	0,0177
-30	0,027	0,033	0,0235
-25	0,037	0,043	0,0309
-20	0,049	0,056	0,0401
-15	0,064	0,072	0,0516
-10	0,083	0,092	0,0657
-5	0,106	0,116	0,0829
0	0,135	0,145	0,1037

Tabla 4. Mezclas con HFO-1336mzzZ

Temp. (°C)	Pvs, HFOZ (bar)	P, HFOZ (bar)	X, HFOZ
-40	0,023	0,029	0,0211
-35	0,033	0,041	0,0292
-30	0,046	0,056	0,0398
-25	0,063	0,075	0,0534
-20	0,085	0,099	0,0706
-15	0,114	0,129	0,0921
-10	0,149	0,166	0,1186
-5	0,193	0,211	0,1508
0	0,247	0,266	0,1897

Tabla 5. Mezclas con HFO-1336mzzE

Temp. (°C)	Pvs, HFOE (bar)	P, HFOE (bar)	X, HFOE
-30	0,162	0,195	0,1395
-20	0,290	0,336	0,2399
-10	0,490	0,546	0,3899
0	0,740	0,794	0,5673

dónde:

Pvs,C5k y **Pvs,C6K**, **Pvs,HFOZ** y **Pvs,HFOE** son las presiones de vapor de saturación de las fluorocetonas C5K y C6K y de las hidrofluoroolefinas HFO-1336mzzZ y HFO-1336mzzE a diferentes valores de temperatura,

- 5 **P,C5K** y **P,C6K** y **P,HFOZ** y **P,HFOE** son los valores de presión de las fluorocetonas C5K y C6K y de las hidrofluoroolefinas HFO-1336mzzZ y HFO-1336mzzE en la aparata a la temperatura de llenado de 20°C ($P,C5K = Pvs,C5K \times 293.15/Tmin(K)$)

10 **X,C5K** y **X,C6K** y **X,HFOZ** y **X,HFOE** son las fracciones molares de las fluorocetonas C5K y C6K y de las hidrofluoroolefinas HFO-1336mzzZ y HFO-1336mzzE en la mezcla final (para una presión de llenado final de 1400 mbares) que podrían emplearse sin que se produjera condensación de las mismas incluso a la temperatura mínima de funcionamiento de la aparata.

- 15 Por ejemplo, para una aparata de media tensión con una presión de llenado a 20°C de 1.40 bares y con una temperatura mínima de funcionamiento de -10°C podría emplearse:

- a) una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 16.2% de C5K
- 20 b) o bien una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 6.57% de C6K,
- c) o bien una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 11.86% de HFO-1336mzzZ,
- 25 d) o bien una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 38.99% de HFO-1336mzE,
- e) o bien una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 16.2%
- 30 de C5K , y un 11.86 % de HFO-1336mzzZ,

sin que se produjera condensación de las fluorocetonas ni de hidrofluoroolefinas hasta -10°C.

Por debajo de esa temperatura de -10°C las fluorocetonas y las hidrofluoroolefinas empezarían a condensarse parcialmente reduciéndose su porcentaje en la mezcla gaseosa y por tanto disminuyendo la rigidez dieléctrica del sistema de aislamiento inicial.

5 De la misma manera, para una aparamenta de media tensión con una presión de llenado a 20°C de 1.40 bares y con una temperatura mínima de funcionamiento de -20°C podría emplearse:

10 a) una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 9.9 % de C5K

b) o bien una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 4.01 % de C6K,

15 c) o bien una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 7.06% de HFO-1336mzzZ,

d) o bien una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 23.99% de HFO-1336mzE

20 e) o bien una mezcla de N2 (o aire seco o O2 o helio o una mezcla de ellos) con un 9.9% de C5K y un 7.06% de HFO-1336mzzZ,

sin que se produjera condensación de las fluorocetonas ni de hidrofluoroolefinas hasta -20°C.

25 Por debajo de esa temperatura de -20°C las fluorocetonas y las hidrofluoroolefinas empezarían a condensarse parcialmente reduciéndose su porcentaje en la mezcla gaseosa y por tanto disminuyendo la rigidez dieléctrica del sistema de aislamiento inicial.

30 Y así sucesivamente para otras temperaturas mínimas de funcionamiento de la aparamenta.

Si las presiones finales de la mezcla en la aparamenta fueran diferentes a 1.40 bares los porcentajes de C5K y de C6K, de HFO-1336mzzZ y de HFO-1336mzzE también se verían modificados de forma acorde y de acuerdo con la siguiente fórmula:

35
$$X_{C5K} = P_{C5K} / P_{total\ mezcla}$$

$$X,C6K = P,C6K / P_{total\ mezcla}$$

$$X,HFOZ = P,HFOZ / P_{total\ mezcla}$$

$$X,HFOE = P,HFOE / P_{total\ mezcla}$$

5 siendo $P_{total\ mezcla}$ la presión final de la mezcla. Si en el momento del llenado de la
 aparata se emplean mayores porcentajes de fluorocetonas y hidrofluoroolefinas en las
 mezclas que los indicados para cada temperatura, lógicamente la rigidez dieléctrica será
 mayor, pero habrá que tener en consideración que a las temperaturas mínimas de
 10 funcionamiento la rigidez dieléctrica del sistema de aislamiento se vería reducida y sería
 menor que si se hubieran empleado los porcentajes de fluorocetona y hidrofluoroolefinas
 indicados en las tablas 2, 3, 4 y 5 para cada temperatura, debido a la condensación de parte
 de la fluorocetona o fluorocetonas y/o de la hidrofluoroolefina o hidrofluoroolefinas.

Ejemplo 2: Ensayo de rigidez dieléctrica de mezclas gaseosas

15 Se evaluó la rigidez dieléctrica de diferentes mezclas gaseosas midiendo la “tensión de
 ruptura dieléctrica” en un equipo BAUR DTA-100E dotado de una célula para ensayo de
 gases con dos electrodos según norma ASTM D2477 (uno de los 5 electrodos es un disco
 con cara plana de 1.50 pulgadas de diámetro y el otro electrodo es una bola esférica de 0.75
 20 pulgadas de diámetro) y con una distancia entre electrodos de 8 mm.

Las mezclas gaseosas ensayadas fueron las siguientes:

- a) 1400 mbares de aire seco
- b) 1400 mbares de mezcla aire seco + 9% C5K
- 25 c) 1400 mbares de mezcla aire seco + 9% C5K + 8% HFO-1336mzzZ

Los resultados de estos ensayos se muestran en la tabla 5:

Tabla 5: Valores de tensión de ruptura dieléctrica de las mezclas gaseosas

GAS o MEZCLA	Tensión de ruptura dieléctrica, kV
Aire seco	22,8
Aire seco + 9% C5K	37,5
Aire seco + 9% C5K + 8% HFO-1336mzzZ	42,0

Como se puede observar en el último registro de la tabla 5 la adición de un 8% de hidrofluoroolefina HFO-1336mzzZ a la mezcla de fluorocetona con aire seco proporciona un incremento adicional de la tensión de ruptura dieléctrica de dicha mezcla de entorno al 12% lo cual hace que una mezcla gaseosa de estas características sea aún más idónea para aplicaciones de aislamiento eléctrico en aparata eléctrica de media o alta tensión.

Ejemplo 3: Impacto ambiental (efecto invernadero) de un ejemplo de mezcla gaseosa

El potencial de efecto invernadero (GWP o global warming potential) de una mezcla gaseosa se calcula, de acuerdo con lo indicado en el Reglamento Europeo de gases fluorados de efecto invernadero, como la media ponderada derivada de la suma de las fracciones en peso de cada una de las sustancias multiplicadas por su valor de GWP.

De esta forma:

15

a) el potencial de efecto invernadero (GWP) de una mezcla con un 9% de fluorocetona C5K, un 6% de HFO-1336mzzE y un 85% de aire seco sería de 3.44, es decir, un 0.0151% del potencial de efecto invernadero (GWP) del gas SF6 que es 22800 (teniendo en cuenta que el GWP del C5K es 1 y el de la HFO-1336mzzE es 18, y que el peso molecular del C5K es 266, el de la HFO-1336mzzE es 164 y el del aire seco es 29).

20

b) el potencial de efecto invernadero (GWP) de una mezcla con un 9% de fluorocetona C5K, un 6% de HFO-1336mzzZ y un 85% de aire seco sería de 0.75, es decir, un 0.0033% del potencial de efecto invernadero (GWP) del gas SF6 que es 22800 (teniendo en cuenta que el GWP del C5K es 1 y el de la HFO-1336mzzZ es 2, y que el peso molecular del C5K es 266, el de la HFO-1336mzzZ es 164 y el del aire seco es 29).

25

REIVINDICACIONES

1- Sistema de aislamiento eléctrico de bajo impacto ambiental para aparata eléctrica de media o alta tensión que comprende:

5

a) un medio gaseoso formado por una mezcla de:

i) una o más fluorocetonas de entre 5 y 6 átomos de carbono;

ii) una o más hidrofluoroolefinas no inflamables de 4 átomos de carbono; y

10

iii) uno, dos o tres gases vectores seleccionados entre N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de los mismos;

b) un tamiz molecular con un tamaño de poro de 3 a 6 Å y una superficie polar.

15

2- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 donde el medio gaseoso comprende una fluorocetona de 5 carbonos, una o más hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono y uno o más gases vectores seleccionados entre N₂, O₂, aire seco, helio o mezclas de los mismos.

20

3- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 donde la fluorocetona es la (CF₃)₂-CF-CO-CF₃ y las hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono son la HFO-1336mzzZ o la HFO-1336mzzE.

25

4- Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde los gases vectores se seleccionan entre el aire seco, el N₂, y el O₂.

5- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 donde la fracción molar de la o las fluorocetonas de entre 5 y 6 átomos de carbono y de la o las hidrofluoroolefinas de 4 átomos de carbono es de al menos un 1% o de al menos un 2% o de al menos un 5% o de al menos un 10% o de al menos un 15%.

30

6- Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el tamiz molecular posee un tamaño de poro de 3 a 4 Å.

35

7- Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el tamiz molecular se selecciona entre unas zeolitas naturales o zeolitas sintéticas.

8- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 7 donde la zeolita posee una estructura A.

5 9- Uso de un sistema de aislamiento eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores para el aislamiento eléctrico y/o para la extinción de arcos eléctricos en aparata eléctrica de media o alta tensión.

10 10- Método para el aislamiento eléctrico y/o la extinción de arcos eléctricos en aparata eléctrica de alta y media tensión que comprende la introducción del sistema de aislamiento eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 en un recinto cerrado y estanco donde se hallen los elementos a aislar de dicha aparata eléctrica de media o alta tensión.

15 11- Aparata eléctrica de media o alta tensión que comprende un recinto cerrado en cuyo interior se encuentran componentes eléctricos bajo tensión y un sistema de aislamiento eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

12- Aparata eléctrica de acuerdo con la reivindicación 11 donde la aparata puede ser una aparata de distribución de energía eléctrica en redes de hasta 72 kV.

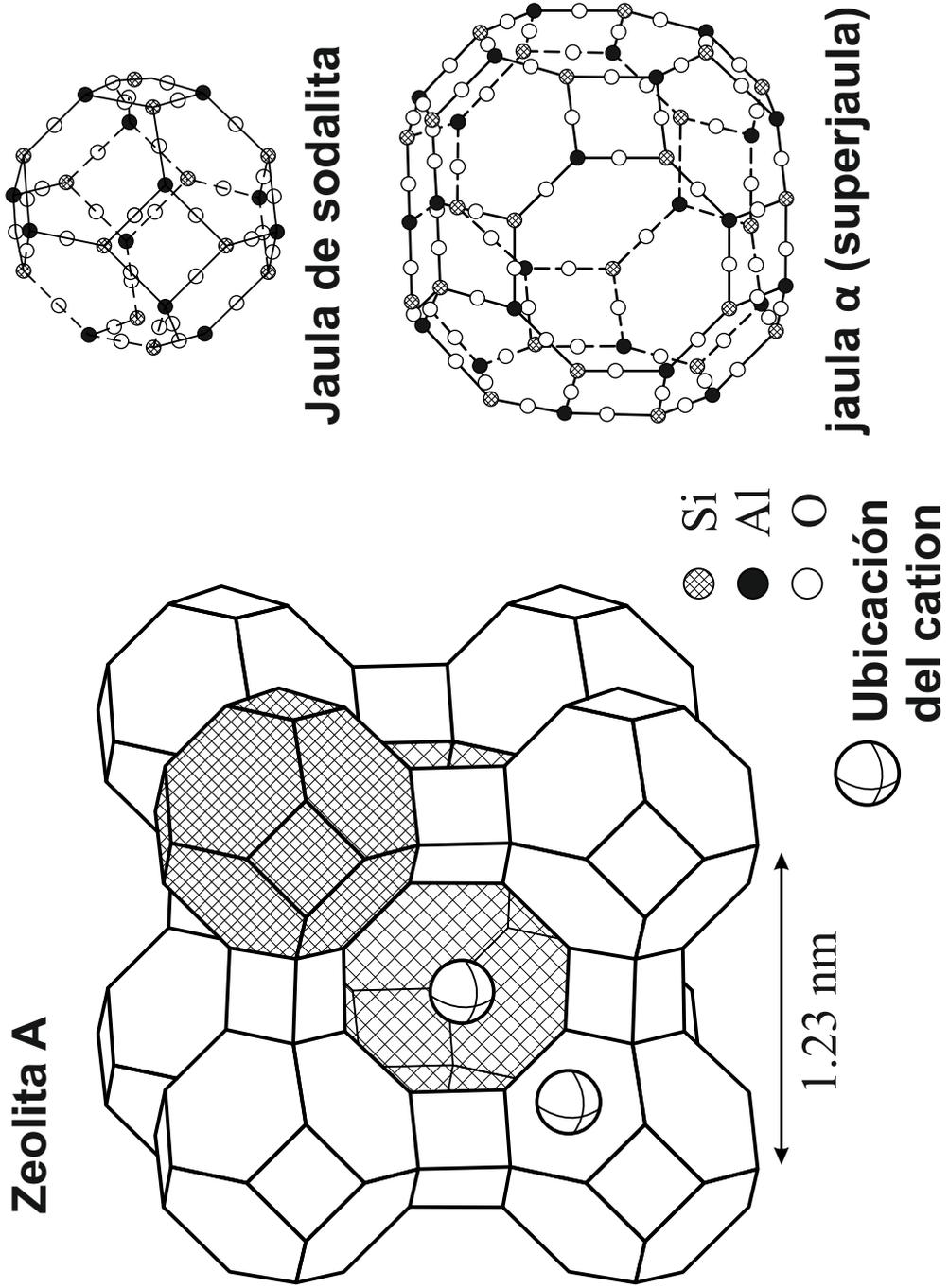


FIG. 1

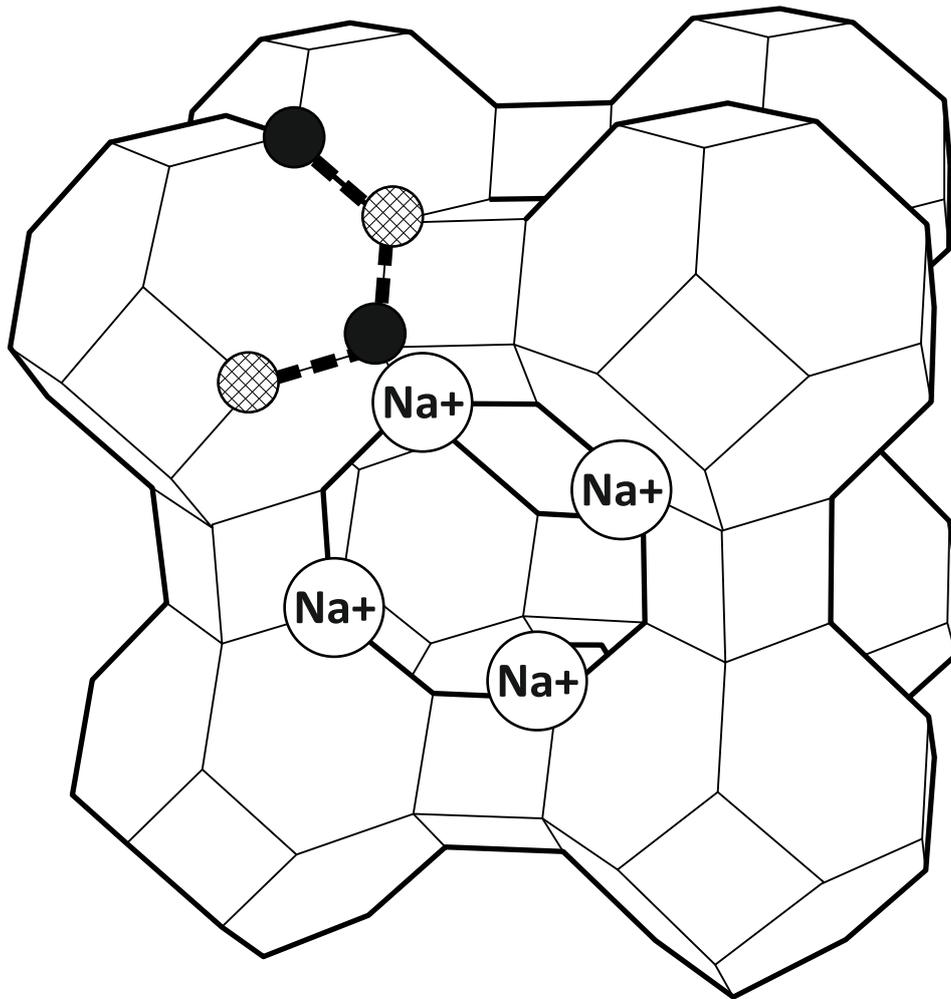


FIG. 2

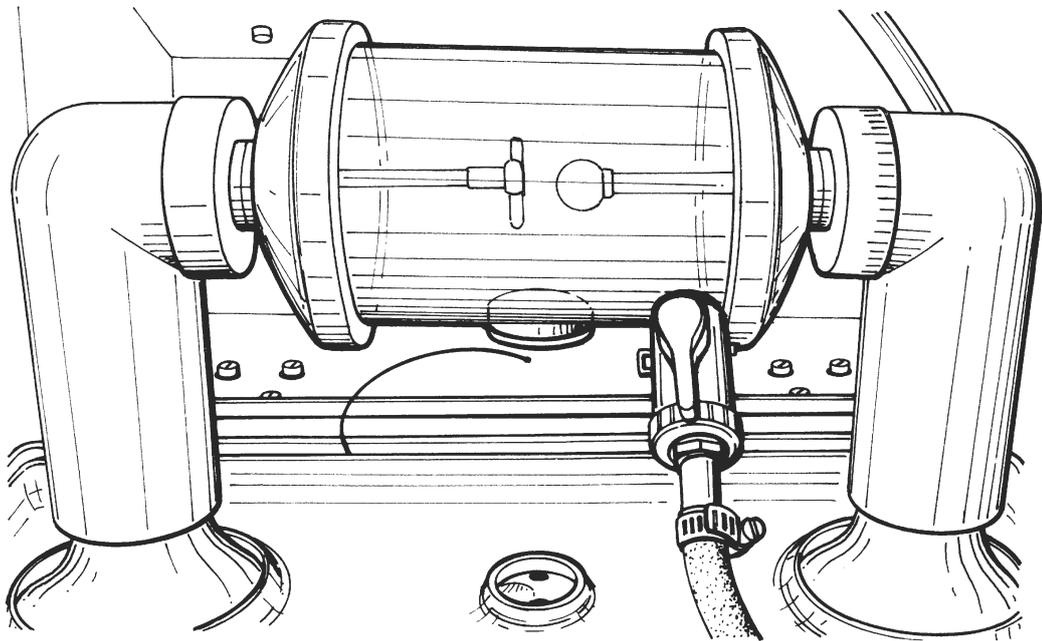


FIG. 3



- ②① N.º solicitud: 201831234
②② Fecha de presentación de la solicitud: 18.12.2018
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H01B3/56** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2018247779 A (RACHED) 30/08/2018, párrafos [19 - 52]	1-12
Y	EP 2904617 B1 (ABB SCHWEIZ AG) 12/08/2015, párrafos [1 - 11], [18 - 25]	1-12
A	WO 2016001054 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 07/01/2016, página 7, línea 9 - página 8, línea 25 ; página 1, líneas 3 - 18	1-12
A	EP 3249656 A1 (OMAZABAL CORPORATE TECHNOLOGY A.I.E) 29/11/2017, párrafos [42 - 47]	1-12
A	US 2014083737 A1 (PICCOZ et al.) 27/03/2014, párrafos [21 - 22]	1-12

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
18.10.2019

Examinador
A. Rua Agüete

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, TXTE, PATENW, XPESP, NPL