(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 808 989**

(51) Int. CI.:

H01H 33/22 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2017 E 17290063 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020 EP 3404686**

(54) Título: **Disyuntor que comprende un catalizador basado en ceria para la conversión de CO en CO_2**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.03.2021

(73) Titular/es:

GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH (100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH

(72) Inventor/es:

KIEFFEL, YANNICK y
MAKSOUD, LOUIS

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Disyuntor que comprende un catalizador basado en ceria para la conversión de CO en CO_2

Campo técnico y estado de la técnica

La presente invención se refiere al campo del aislamiento eléctrico y a la extinción de arcos eléctricos en dispositivos de media y alta tensión.

Más precisamente, se refiere a un disyuntor de media o alta tensión que comprende un material catalizador basado en ceria, que convierte el monóxido de carbono que se forma durante la formación del arco en dióxido de carbono.

Un disyuntor de arco-onda de presión comprende al menos dos contactos de arco que se mueven axialmente uno respecto del otro, entre una posición abierta del disyuntor en la que los contactos de arco están separados uno del otro y una posición cerrada del disyuntor en la que los contactos de arco están en contacto uno con el otro. En el disyuntor, la corriente se interrumpe típicamente separando los contactos de arco. Desde la posición cerrada a la posición abierta del disyuntor, es probable que se forme un arco eléctrico entre dichos contactos. Para interrumpir un arco eléctrico, se lanza a presión un gas dieléctrico aislante sobre el arco, lo que permite enfriar dicho arco y extinguirlo.

Actualmente, el gas de control de arco más utilizado para ese tipo de disyuntores es el hexafluoruro de azufre SF_6 debido a las excepcionales propiedades físicas de dicho gas. Sin embargo, el SF_6 presenta el mayor inconveniente de ser un gas de efecto invernadero muy poderoso, con un potencial de calentamiento global (GWP) particularmente alto.

Entre las alternativas al uso del SF_6 como gas de control de arco, se conocen varios gases de potencial de calentamiento global inferior al del SF_6, como el aire seco o también el nitrógeno.

Un gas de control de arco particularmente ventajoso es el dióxido de carbono CO_2 por su fuerte aislamiento eléctrico y su capacidad de extinción de arco. Además, el CO_2 no es tóxico, no es inflamable, con un GWP muy bajo, y también es fácil de obtener.

El CO_2 puede ser utilizado solo o en forma de mezcla de gases, de los cuales constituye el gas principal llamado "gas vector". Por ejemplo, el medio gaseoso, comúnmente comercializado por Alstom bajo el nombre de g^3 (o "gas verde para verde"), una mezcla de CO_2 (100-x)% con un gas fluorado x% (x≤10%), es adecuado para sustituir al SF_6. La mezcla de gas presenta capacidades de extinción comparables o incluso mejores que las del SF_6, tiene poco o ningún efecto sobre el medio ambiente (un GWP del 98% inferior al GWP del SF_6), un coste compatible con su uso en la fabricación de dispositivos de conmutación a escala industrial y no es tóxico para los seres humanos y animales.

Pero, y contrariamente al SF_6 que tiene la propiedad de recombinarse después de la descomposición por descarga de arco, el CO_2 no se recombina completamente y produce una cantidad significativa de monóxido de carbono gaseoso tóxico CO y polvo de carbón. En consecuencia, la cantidad de dióxido de carbono que está inicialmente presente en estado gaseoso en el interior del disyuntor para interrumpir la corriente eléctrica se reduce a medida que aumenta el número de interrupciones realizadas por dicho disyuntor. Por lo tanto, la conversión de CO en CO_2 es una cuestión clave.

Varios documentos describen la conversión de CO, principalmente, para la aplicación en automóviles. Los documentos US 2003/0099586, y US 2004/0175319 describen el uso de un material compuesto de óxido de oro y óxido de hierro como catalizador para oxidar el CO en CO_2 en presencia de un gran exceso de hidrógeno. La mezcla de gases comprende el aire como fuente de oxígeno. En el documento US 5.112.787 se utiliza una mezcla de oro y al menos un óxido elegido entre el óxido de hierro, el óxido de cobalto o el óxido de níquel para oxidar el monóxido de carbono en el aire, a una temperatura inferior a 100°C.

En el documento US 2011/0217216 un material compuesto de paladio, ceria y platino proporciona la conversión de dióxido de carbono en los gases de escape, particularmente en condiciones de funcionamiento de motores ricos.

El exceso de oxidación de CO en un gas de escape también se ha llevado a cabo en el documento US 2016/0129422 con un catalizador que comprende paladio y un material que contiene ceria a una temperatura en el intervalo de 100°C a 700°C.

En el documento de los EE.UU. 2007/0056601, un catalizador, por ejemplo para un filtro de cigarrillo o de aire, que comprende nanopuntos de oro sobre óxido de cerio, funciona a temperatura ambiente.

Estos documentos se centran en general en la síntesis de material catalizador. Además, aunque a veces funcionan a temperaturas relativamente bajas, emplean gas oxígeno (presente en el gas de escape, en el filtro de aire, en el cigarrillo) para el proceso de conversión.

Sin embargo, en el campo de la extinción de arcos eléctricos, el medio está desprovisto de gas oxígeno.

El documento JP 2016 063579 A revela un disyuntor según el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario de la invención

La invención tiene como objeto proponer un disyuntor que comprende un material que convierte el gas CO en CO_2 en una mezcla de gas libre de oxígeno, a baja temperatura (por debajo de 100°C), sin dañar las propiedades dieléctricas del gas.

Estos objetos se consiguen con la invención que proporciona un circuito según la reivindicación 1.

Es sorprendente que la ceria se utilice en un medio libre de oxígeno. Inesperadamente, se ha descubierto que con dicho material catalítico, la conversión puede realizarse incluso en un medio carente de oxígeno debido a la presencia de ceria. La ceria desempeña el papel de un depósito de oxígeno. El mecanismo de conversión implica la transferencia de oxígeno del óxido reducible (ceria), al metal precioso. Por óxido reducible debe entenderse un óxido de un metal que puede tener varios estados de oxidación.

Este material permite la neutralización del monóxido de carbono incluso a baja temperatura (por debajo de 200°C, y preferentemente por debajo de 100°C).

La regeneración exitosa del gas aislante mantiene sus propiedades y mejora su longevidad.

Este material catalizador es adecuado para ser instalado en un disyuntor sin ningún aumento en su volumen y sin ningún incremento notable en los costos, a saber, en términos de proceso de fabricación.

Ventajosamente, el metal precioso es oro o platino.

Ventajosamente, el material catalítico comprende del 0,5% al 20% en peso de metal precioso y preferentemente del 0,5% al 5% en peso. Estos porcentajes maximizan la efectividad mientras minimizan el costo.

Ventajosamente, el material catalítico está en forma de partículas. Esto permite aumentar el área superficial.

Ventajosamente, las partículas tienen un diámetro de 1mm a 10mm, preferentemente de 1mm a 5mm. Es relativamente fácil obtener ese tamaño de partículas por métodos convencionales y de bajo costo.

Según la invención, el material catalítico es soportado por un sustrato cerámico como un sustrato de cordierita. Los sustratos cerámicos tienen una alta resistencia térmica, que es adecuada para aplicaciones de disyuntores.

Ventajosamente, el gas de control del arco está constituido por el dióxido de carbono CO_2.

En una segunda variante de la invención, el gas de control del arco es una mezcla de gases que comprende CO_2 y al menos un compuesto fluorado, como 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(trifluorometil)-2-propanenitrilo, 1,1,1,3,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)-2-butanona, 2,3,3,3,3-tetrafluoropropeno, 1,3,3,3-tetrafluoropropeno o fluorooxirano.

El material catalítico puede ser usado para convertir el monóxido de carbono en diferentes gases de control de arco.

La invención también proporciona un dispositivo de conmutación con aislamiento en aire (AIS) que comprende un disyuntor como se definió anteriormente.

La invención también proporciona un dispositivo de conmutación aislado por gas (GIS) que comprende un disyuntor como se definió anteriormente.

La invención puede entenderse mejor tras la lectura de la descripción adicional que se da a continuación y que se refiere a un disyuntor según la invención.

Naturalmente, sin embargo, la presente descripción adicional se da sólo a modo de ejemplo ilustrativo de la invención y no limita en modo alguno dicha invención.

Descripción detallada de realizaciones particulares

El disyuntor puede ser un disyuntor de media o alta tensión.

Los términos "media tensión" y "alta tensión", dados anteriormente y a continuación, se utilizan de la manera convencionalmente aceptada, es decir, el término "media tensión" se refiere a una tensión que

está en el intervalo de 7,2 kV a 52 kV, mientras que el término "alta tensión" se refiere a una tensión que está en el intervalo de 52 kV a 800 kV.

El disyuntor incluye una caja cerrada que tiene un cierto número de componentes eléctricos y/o mecánicos que están alojados dentro de dicha caja. La caja es una caja hermética.

El volumen de la caja puede ser de 50L a 1000L.

La caja comprende una entrada de gas que está configurada para soplar el gas de control del arco eléctrico para extinguirlo. El gas puede ser inyectado en una boquilla. La caja también contiene una salida de gas.

El material catalítico se dispone de manera que esté en contacto con el flujo de gas que contiene las moléculas de CO que se forman durante el formación de arco, y para convertirlo en dióxido de carbono. Puede estar localizado cerca de los contactos del arco.

Según otra realización, se encuentra en la salida de gas del disyuntor.

El gas de control del arco es un gas aislante dieléctrico.

Contiene al menos un 80% en volumen, y preferentemente, al menos un 90% en volumen de dióxido de carbono. Por ejemplo, puede ser una mezcla de dióxido de carbono (80-100%) y uno o más compuestos fluorados (0-20%). Preferentemente, es una mezcla de dióxido de carbono (90-97, preferentemente 90-96%) y uno o más compuestos fluorados (3-10%, preferentemente 4-10%). A título ilustrativo, el compuesto fluorado puede ser un compuesto comercializado por Alstom bajo el nombre de Novec 4710 (2,3,3,3-tetrafluoro-2-(trifluorometil)-2-propanenitrilo de fórmula $(CF_3)_2CFCN$) o Novec 5110 (1,1,1,3,4,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)-2-butanona de fórmula $CF_3C(O)CF(CF_3)_2$). También puede ser 2,3,3,3,3-tetrafluoropropeno (HFO-1234yf), 1,3,3,3,3-tetrafluoropropeno (HFO-1234ze) o fluorooxirano.

Dos compuestos fluorados, como el heptafluoroisobutironitrilo y el tetrafluorometano, también podrían utilizarse en asociación.

Cabe señalar que el catalizador podría ser utilizado para los gases con menor cantidad de CO_2. Mientras haya CO_2 en la mezcla de gases, se puede formar CO debido al arco en el disyuntor de alta tensión, y es necesario un sistema de conversión de CO.

En otra realización, el gas podría consistir en dióxido de carbono.

El gas de control del arco está libre de oxígeno. Por libre de oxígeno, debe entenderse que el gas de control de arco contiene menos del 0,1% en volumen de gas oxígeno, y preferentemente menos del 0,02%.

Ventajosamente, el gas aislante dieléctrico está presente en el equipo en forma totalmente gaseosa, sea cual sea la temperatura de utilización del equipo. Por lo tanto, es aconsejable que la presión del gas en el interior del equipo se seleccione en función de la presión de vapor saturado (SVP) que presenta el gas a la temperatura de utilización más baja de dicho equipo.

Durante la formación del arco, el dióxido de carbono se ioniza dando monóxido de carbono. La cantidad de CO formado depende de las condiciones físicas de la operación y de la reacción química involucrada en el proceso. Varía desde unas pocas ppm hasta unos pocos %, por ejemplo de 1ppm a 5%.

La conversión de monóxido de carbono se logra mediante un catalizador a base de óxido. Pocos óxidos reducibles podrían ser útiles para esta aplicación, como el TiO_2 y el CeO_2. Ceria CeO_2 es el óxido que proporciona la mejor vía para mejorar la capacidad de transporte de oxígeno y la cinética redox.

Ceria (CeO_2) también se conoce como óxido de cerio, dióxido de cerio, óxido de cerio o dióxido de cerio. La ceria se utiliza en combinación con un metal precioso como el oro, el paladio, el platino y el rodio. Preferentemente, la ceria se utiliza en combinación con el platino y/o el oro. El metal precioso se encuentra preferentemente en forma de partículas. Generalmente, se dispone en la superficie exterior de la ceria, para estar en contacto directo con el monóxido de carbono.

Ceria se considera un material de almacenamiento de oxígeno debido a sus propiedades redox: El cerio "Ce" en ceria "CeO_2" tiene la capacidad de cambiar entre los estados de oxidación +4 y +3. Por consiguiente, la ceria puede proporcionar los átomos de oxígeno necesarios para la conversión/oxidación del CO. Ventajosamente la presencia del metal precioso en la superficie de la ceria aumenta su capacidad de reducción.

La reacción de oxidación global del CO sigue un mecanismo de Mars Van Krevelen que implica la transferencia de oxígeno de la ceria al monóxido de carbono: $2CeO_2 + CO \rightarrow CO_2 + Ce_2O_3$.

Con más detalle, por un lado, hay una adsorción de CO en la superficie del metal precioso (el platino por ejemplo).

Por otro lado, el oxígeno migra desde la masa a la superficie de la ceria por difusión. El oxígeno, generado por el soporte de la ceria, también se adsorbe sobre el platino.

Luego la separación del O_2 en 2O- y la oxidación del CO en CO_2 ocurre en los sitios de platino implementados sobre la superficie de ceria, según:

$$CO + 1/2\ O_2 \rightarrow CO_2.$$

Finalmente, el CO_2 se desabsorbe desde la superficie del platino.

El material catalítico comprende entre el 0,5% y el 20% en peso del metal precioso y preferentemente entre el 0,5% y el 5% en peso.

En otra realización, el material catalítico puede comprender uno o más compuestos adicionales, por ejemplo un óxido de metal y/o un lantánido. Por ejemplo, el material catalítico puede comprender un óxido de metal de transición, como el ZrO_2, que puede participar en la conversión del hollín.

Según otra realización, el material catalítico consiste en el óxido reducible y el metal precioso.

Cada vez que un arco eléctrico se extingue y se forma monóxido de carbono, el catalizador basado en ceria lo convierte en dióxido de carbono.

Se han realizado y probado con éxito varios catalizadores basados en ceria mediante espectroscopia y cromatografía de gases.

Las pruebas consisten en seguir durante horas/días la evolución de la cantidad de CO (y CO_2) dentro de una celda de prueba hermética que contiene la muestra (mezcla de gases) en contacto con el catalizador.

Los catalizadores basados en ceria como se han descrito anteriormente han mostrado ser viables. Estos materiales permiten una buena conversión del gas CO en gas CO_2 y, en consecuencia, un excelente rendimiento de control del arco por la mezcla de gas aislante, cuyo rendimiento es duradero.

El material catalítico puede ser un polvo de partículas catalíticas. Las partículas catalíticas pueden tener un diámetro de unos pocos milímetros, por ejemplo de 1mm a 10mm, preferentemente de 1mm a 5mm.

El material catalítico de la presente invención puede ser depositado en cualquier sustrato adecuado. Ventajosamente, el sustrato presenta una alta superficie específica. Por ejemplo, el sustrato puede ser un sustrato cerámico como un sustrato de cordierita que comprende una pluralidad de celdas que definen pasajes de flujo de gas finos y paralelos que se extienden de una cara a la otra de un miembro monolítico cilíndrico. Tal sustrato tiene una forma de "panal" o "monolítico". El filtro de panal también sirve para atrapar el polvo de carbón. El sustrato cerámico también podría ser un sustrato de aluminosilicato.

Alternativamente, el material catalítico puede ser dispersado en un soporte de partículas, como pellas o partículas o similares.

Según una realización preferente, el material catalítico tiene un soporte de panal de cordierita. Este soporte presenta una excelente resistencia al choque térmico. Además, los cristales de cordierita son útiles para una expansión térmica muy baja a lo largo de un eje dentro del catalizador.

El disyuntor según la invención tiene una estructura compacta.

Cuando se forma un arco eléctrico, una porción de la fracción de CO_2, que está presente en estado gaseoso en el interior de la caja, se descompone en especies moleculares de menor masa molecular y, por lo tanto, de menor tamaño que el CO_2. Esto tiene el efecto de aumentar la presión total que existe dentro de la caja, mientras se reduce la presión parcial del CO_2 por debajo de su SVP.

Las moléculas de monóxido de carbono así formadas en el disyuntor de la invención son convertidas en CO_2 por el material catalítico, y esto tiene el efecto de devolver la presión parcial de CO_2 a un valor igual a su SVP.

Este material catalítico es suficientemente eficiente para que la formación de monóxido de carbono no resulte en un aumento excesivo de la presión total que existe en la caja y, por lo tanto, no resulte en una reducción excesiva de la fracción de dióxido de carbono que está presente en estado gaseoso en dicha caja.

Usando este mecanismo, el volumen de CO_2 puede mantenerse estable o casi estable, para una temperatura dada, sin importar el número de interrupciones realizadas por el dispositivo de conmutación.

El experto en la materia podrá seleccionar la cantidad apropiada de material catalizador a base de ceria según el volumen de gas CO a tratar y la geometría de la caja involucrado. Por ejemplo, la cantidad de ceria se calcula en función de la cantidad potencial de CO que se forma en el interior del disyuntor después del arco simulado durante la vida útil del disyuntor. Depende de la energía del arco y, por tanto, del tipo de disyuntor. A título ilustrativo, se puede esperar un mantenimiento cada 20 años, durante los cuales el disyuntor se abre y el catalizador puede ser reemplazado por uno nuevo si es necesario.

Los conceptos de las diversas realizaciones descritas anteriormente pueden aplicarse eficazmente a diversos tipos de disyuntores, como por ejemplo los disyuntores con una cámara de interrupción del tipo de onda de choque axial o transversal o del tipo de onda de choque mixta transversal-axial.

A título ilustrativo, el disyuntor puede utilizarse en cualquier dispositivo eléctrico que utilice aislamiento eléctrico de gas CO_2, a saber, un transformador eléctrico, una línea de transporte o distribución de electricidad, un conjunto de barras colectoras, un interruptor, un conector/desconectador (también llamado dispositivo de conmutación), una unidad que combine un disyuntor con fusibles, un disyuntor de puesta a tierra o un interruptor automático.

El disyuntor automático es particularmente valioso para dispositivos de conmutación aislados por aire (AIS) o dispositivos de conmutación aislados por gas (GIS), y más preferentemente para los AIS o GIS de alta tensión.

REIVINDICACIONES

1. Un disyuntor, que comprende una caja que comprende:

- al menos dos contactos de arco que se muevan axialmente uno con respecto al otro, entre una posición abierta del disyuntor en la que los contactos de arco estén separados uno del otro y una posición cerrada del disyuntor en la que los contactos de arco estén en contacto uno con el otro,

- una entrada de gas configurada para soplar un gas de control de arco con el fin de interrumpir un arco eléctrico que es probable que se forme durante el movimiento de los contactos de arco desde la posición cerrada a la posición abierta del disyuntor, siendo el gas de control de arco libre de oxígeno, que comprende al menos el 80% de dióxido de carbono,

en el que la caja comprende además un material catalítico soportado en un sustrato cerámico, caracterizado **en que** el material catalítico convierte el monóxido de carbono que se forma después de la ionización del dióxido de carbono durante la formación de arco, en dióxido de carbono a una temperatura inferior a 100°C, comprendiendo dicho material catalítico ceria y un metal precioso.

2. Un disyuntor según la reivindicación 1, en el que el metal precioso es oro y/o platino.

3. Un disyuntor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el material catalítico comprende del 0,5% al 20% en peso de metal precioso y preferentemente del 0,5% al 5% en peso.

4. Un disyuntor según la reivindicación 1 o 3, en el que el material catalítico está en forma de partículas.

5. Un disyuntor según la reivindicación 4, en el que las partículas tienen un diámetro de 1mm a 10mm, preferentemente de 1mm a 5mm.

6. Un disyuntor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el sustrato es un sustrato de cordierita.

7. Un disyuntor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el gas de control del arco está constituido por el dióxido de carbono CO_2.

8. Un disyuntor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el gas de control del arco es una mezcla de gas que comprende CO_2 y al menos un compuesto fluorado, como 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(trifluorometil)-2-propannitrilo, 1,1,1,3,4,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluorometil)-2-butanona, 2,3,3,3-tetrafluoropropeno, 1,3,3,3-tetrafluoropropeno o fluorooxirano.

9. Un disyuntor según la reivindicación 8, en el que el gas de control del arco comprende del 90 al 97% en volumen de dióxido de carbono y del 3 al 10% en volumen de uno o más compuestos fluorados.

10. Un disyuntor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el material catalítico comprende un óxido metálico como el ZrO_2 y/o un lantánido.

11. Un disyuntor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el material catalítico consiste en ceria y un metal precioso.

12. Un dispositivo de conmutación con aislamiento por gas (AIS) que comprende un disyuntor como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

13. Un dispositivo de conmutación con aislamiento por gas (GIS) que comprende un disyuntor como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.