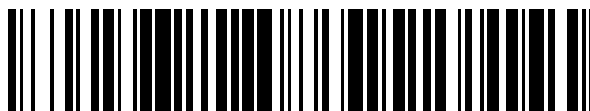


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 340**

51 Int. Cl.:  
**H01T 1/22**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08865331 .6**

96 Fecha de presentación: **04.12.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2238660**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.10.2010**

54 Título: **Conmutador de alta tensión**

30 Prioridad:  
**21.12.2007 GB 0725248**  
**21.12.2007 EP 07255037**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.09.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.09.2012**

73 Titular/es:  
**BAE Systems PLC**  
**6 Carlton Gardens**  
**London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:  
**GARNER, Paul Anthony James**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

**ES 2 387 340 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Conmutador de alta tensión.

Este invento se refiere a un conmutador de alta tensión, en particular a un conmutador de gas de alta presión para su uso en aplicaciones de conmutación de alta tensión, alta potencia.

5 Los conmutadores de gas de alta presión se usan mucho en conmutación de impulsos de alta potencia. Estos conmutadores ofrecen un medio compacto muy simple para conmutación de impulsos de muy alta potencia con masa y volumen pequeños. Por ejemplo, el documento FR 2685983 explica un conmutador de gas presurizado que tiene dos electrodos enfrentados dentro de una caja aislante llena de gas aislante presurizado.

10 Sin embargo, los diseños conocidos para conmutadores de este tipo tienen una vida útil relativamente limitada debido al desgaste no uniforme y dañino del electrodo.

Las realizaciones preferentes del presente invento son las que se definen en las reivindicaciones.

15 Se ha observado que un conmutador de acuerdo con realizaciones preferentes del presente invento tiene una larga vida operativa, a pesar de las altas tensiones que están siendo conmutadas, del orden de varios cientos de kilovoltios y niveles de potencia instantánea del orden de Gigavatios. En este invento la larga vida operativa está caracterizada por un desgaste uniforme de las superficies de revestimiento de los electrodos, preservando así las características operativas del conmutador, sin daño localizado significativo como por ejemplo corrosión por picaduras o fractura. Se puede esperar una vida operativa del orden de 400 a 1000 horas o mayor de los conmutadores de acuerdo con las realizaciones preferentes del presente invento cuando están operando a estas tensiones y a estos niveles de potencia instantánea. Además, se ha observado que el conmutador es menos sensible a variaciones de temperatura que por lo demás pueden provocar que los conmutadores de la técnica anterior operen a niveles de potencia reducidos fuera de los rangos de temperatura óptimos.

20 Se describirán ahora con mayor detalle realizaciones preferentes del presente invento, sólo a modo de ejemplo, y haciendo referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales:

25 La figura 1 es una vista en sección transversal de un conmutador de gas de alta presión de acuerdo con una primera realización del presente invento;

La figura 2 es una vista en sección transversal de un electrodo de un diseño preferente para su uso en el conmutador de gas de la figura 1 de acuerdo con una segunda realización preferente del presente invento;

30 La figura 3 proporciona vistas en sección transversal de un par de electrodos de acuerdo con un diseño preferente para su uso en el conmutador de gas de la figura 1 de acuerdo con una tercera realización preferente del presente invento;

La figura 4 es una representación simplificada de la configuración de electrodo del conmutador de la figura 1;

La figura 5 es una gráfica del aumento del campo eléctrico que se produce en el diseño de electrodo simplificado de la figura 4;

35 La figura 6 es una representación simplificada de la configuración de electrodo de un conmutador que utiliza el par de electrodos mostrado en la figura 3;

La figura 7 es una gráfica del aumento del campo eléctrico que se produce en el diseño de electrodo simplificado de la figura 6, mostrándose también la curva de la figura 5 para comparación;

40 La figura 8 proporciona vistas en sección transversal de un par de electrodos de acuerdo con un diseño preferente para su uso en el conmutador de gas de la figura 1 de acuerdo con una cuarta realización preferente del presente invento;

La figura 9 proporciona una vista en sección transversal de un conmutador de gas de alta presión preferente que incorpora los electrodos de la figura 8, en una realización preferente del presente invento; y

La figura 10 proporciona una vista en sección transversal de un conmutador de gas de alta presión preferente adicional que incorpora una variación preferente del diseño de los electrodos de la figura 8.

45 Se describirá ahora un conmutador de gas de alta presión sencillo de acuerdo con una primera realización preferente del presente invento haciendo referencia a la figura 1. El conmutador se puede usar en varias aplicaciones diferentes, preferiblemente en aquellas que requieren la conmutación de tensiones del orden de varios cientos de kilovoltios a altos niveles de potencia instantánea, pero a niveles globales de energía relativamente bajos.

Estas aplicaciones se diferencian de la conmutación en aparatos de rayos X, por ejemplo, en la cual se necesita conmutar tensiones del orden de Megavoltios o mayores, con altos niveles de energía global.

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra en ella una vista en sección transversal del conmutador 100 de gas de alta presión. El conmutador 100 comprende un recipiente 105 de contención de alta presión, fabricado preferiblemente de un metal de alta resistencia tal como por ejemplo acero inoxidable y con la forma de un cilindro. Los elementos 110 aislantes, fabricados preferiblemente a partir de cerámica o de un plástico como por ejemplo nylon o polipropileno, sirven de paredes finales del recipiente de contención de alta presión y para aislar eléctricamente a un respectivo electrodo 115, 120 de la porción 105 cilíndrica del recipiente. Se proporcionan anillos 125 de estanqueidad para sellar el recipiente cuando éste se encuentra en su estado ensamblado con los elementos 110 aislantes firmemente sujetos en su sitio por varios tornillos 130. El recipiente de contención proporciona un espacio 135 alrededor de los electrodos para contener un gas apropiado, preferiblemente nitrógeno, hidrógeno o SF<sub>6</sub>, a muy alta presión, preferiblemente en el rango de 2,07 MPa (300 psi) a 8,27 MPa (1200 psi).

Los electrodos 115, 120 son mantenidos en una posición fija por los elementos 110 aislantes de manera que existe un hueco D nominal entre los electrodos 115, 120. La conexión eléctrica a cada uno de los electrodos 115, 120 es por medio de un orificio 140 de acceso creado en el respectivo elemento 110 aislante para poner al descubierto una porción 145 de conexión del respectivo electrodo 115, 120. La conexión eléctrica a los electrodos 115, 120 es mediante una configuración cualquiera de varias posibles, por ejemplo por medio de un manguito de ajuste a presión que puede encajar bien ajustado alrededor de una porción ligeramente estrechada de la porción 145 de conexión para garantizar una conexión eléctrica fiable. Sin embargo, preferiblemente, cualquier conexión eléctrica de este tipo puede ser además soldada o pegada con adhesivo para una mayor fiabilidad apropiada a los niveles de tensión que se pretenden para este conmutador 100.

Se describirán ahora con mayor detalle los diseños preferentes y características ventajosas de los electrodos 115, 120 haciendo referencia, en particular, a la figura 2 y a la figura 3, de acuerdo respectivamente con realizaciones preferentes segunda y tercera del presente invento. Los electrodos en cada una de estas realizaciones preferentes están diseñados para su uso como diseños alternativos para los electrodos 115, 120 del conmutador 100 de gas de alta presión de la figura 1.

Haciendo referencia en primer lugar a la figura 2, se proporciona en ella una vista en sección transversal de un electrodo 200 de un diseño preferente de acuerdo con la segunda realización preferente, con dimensiones mostradas en milímetros. Una pareja de electrodos 200 está pensada para formar los electrodos 115, 120 del conmutador 100 de gas de la figura 1. El electrodo 200 se fabrica preferiblemente de latón y comprende una superficie 205 de revestimiento que tiene una zona 210 central plana rodeada por una zona 215 anular elevada. El radio de curvatura de cualquier superficie redondeada de la zona 215 anular elevada es relativamente pequeño en comparación con la anchura prevista del electrodo 200 de manera que las características superficiales elevadas sobre la superficie 205 de revestimiento sirven para aumentar el área superficial del electrodo en la cual se produce la erosión. En el ejemplo particular mostrado en la figura 2, el radio de curvatura de cada uno de los cantos redondeados de la zona 215 anular elevada es de 0,5 mm, como se indica en la figura 2, en comparación con un diámetro total del electrodo 200 de 22,84 mm. Además, como se explicará más adelante, el radio de curvatura de las características superficiales elevadas se hace significativamente menor que la separación prevista del electrodo (indicada por D en el conmutador 100 de la figura 1) de manera que aumenta el área sobre la que tiene lugar el aumento del campo y por lo tanto se produce mayor erosión. Se ha observado que las características 215 elevadas de acuerdo con estas consideraciones de diseño preferentes contribuyen a la mayor vida operativa del conmutador 100, típicamente de 400 a 1000 horas o mayor, de acuerdo con las realizaciones preferentes del presente invento.

Mientras que este diseño preferente se puede usar para ambos electrodos 115, 120, substancialmente como se muestra en el conmutador 100 de gas de ejemplo de la figura 1, se ha observado que las ventajas de la larga vida operativa para un conmutador que emplea este primer diseño de electrodo 200 se mantienen incluso aunque uno de los electrodos esté provisto de una superficie 205 de revestimiento completamente plana. Después de un largo periodo de funcionamiento de un conmutador 100 fabricado de acuerdo con este diseño, por ejemplo después de un periodo de 400-500 horas o mayor, se ha observado que la superficie 205 de revestimiento inicialmente plana tiene una depresión anular poco profunda conformada que se corresponde con la forma y posición de la porción 215 anular elevada del electrodo opuesto. Esto tiene el efecto de preservar o, en el caso de un electrodo inicialmente plano, de aumentar el grado de similitud en los perfiles de las superficies de revestimiento de los electrodos para mantener un hueco substancialmente uniforme entre los electrodos y por lo tanto mantener un desgaste substancialmente uniforme en sus superficies de revestimiento. Se ha demostrado que es posible el funcionamiento continuo de los electrodos después de la formación de estas características de desgaste en la superficie del electrodo plano.

Haciendo ahora referencia a la figura 3, en particular a la figura 3a, se muestra en ella un diseño preferente para un electrodo 300 negativo de alta tensión (HV) de acuerdo con una tercera realización preferente en forma de una vista en sección transversal con dimensiones indicadas en milímetros. En este diseño, la superficie 305 de revestimiento

del electrodo está provista de una zona 310 anular elevada exterior y una zona 315 anular elevada interior dispuesta de forma concéntrica a ella, con zonas planas entre ellas para proporcionar al electrodo 300 (en la vista en sección transversal) una superficie 305 de revestimiento "corrugada". En la figura 3b se muestra en vista seccionada que el diseño preferente para un correspondiente electrodo 350 positivo o de masa, tiene una superficie 355 de revestimiento sencilla plana. Como se ha explicado anteriormente y como se analizará con mayor detalle más adelante, se ha observado que las ventajas de un desgaste uniforme del electrodo se preservan o incluso aumentan mediante el uso de un electrodo 350 inicialmente plano asociado con los electrodos 200, 300 de las realizaciones segunda y tercera respectivamente.

Mientras que los electrodos 200, 300 antes descritos utilizan porciones anulares elevadas continuas, en una realización preferente adicional del presente invento se puede proporcionar un conjunto de "montículos" discretos a través de la superficie de revestimiento del electrodo HV, en lugar de utilizar uno o más anillos. Cada montículo puede tener un radio de curvatura similar al de las porciones anulares de los diseños primero y segundo. Sin embargo, ventajosamente, un conjunto de "montículos" discretos puede proporcionar un mayor área superficial de revestimiento para un electrodo que el proporcionado utilizando anillos continuos y es probable que esta característica contribuya a una vida del electrodo más larga.

Un conmutador 100 de acuerdo con realizaciones preferentes del presente invento, que utiliza electrodos de los diseños preferentes descritos anteriormente, se acciona aplicando una tensión a través de los electrodos 115, 120, lo cual hace aumentar el campo eléctrico en el gas a alta presión hasta que se produce la ruptura. La descarga que sigue a la ruptura es un canal estrecho de plasma a través del hueco existente entre los electrodos 115, 120. Se ha observado que el canal de ruptura se produce de forma predominante en puntos situados por encima de la superficie elevada de un anillo o un montículo discreto sobre la superficie de revestimiento donde aumenta la fuerza del campo eléctrico. Sin embargo, de forma sorprendente, la uniformidad observada del desgaste del electrodo, en particular en las características superficiales elevadas, a pesar del uso de un electrodo opuesto inicialmente con caras planas, sugiere que la ruptura se produce de forma aleatoria en todos los puntos sobre la superficie elevada, no sólo en esa zona en el punto superior de la superficie elevada para la cual el hueco inicial entre electrodos es mínimo.

En un experimento típico, después de un largo periodo de funcionamiento del conmutador 100 del orden de  $100 \times 10^6$  disparos de conmutación, utilizando el diseño del electrodo 200 de la segunda realización preferente en lugar del electrodo 115 de alta tensión y un electrodo de caras planas en lugar del electrodo 120 de masa, que tenga cada una dimensiones como las indicadas en las respectivas figuras, el radio de curvatura de los cantos de la zona 215 anular elevada del electrodo 200 de alta tensión se redujo 0,26 mm con respecto al nominal y la zona 210 central plana se erosionó 0,4 mm con respecto a la nominal. El electrodo de masa de cara plana también resultó erosionado y en su superficie de revestimiento plana se desgastó una depresión anular, de 0,2 mm de profundidad, de substancialmente el mismo perfil en sección que la zona anular elevada del electrodo de alta tensión.

Durante la ruptura, el diámetro del canal de plasma es pequeño y su inductancia es significativa, limitando de ese modo la velocidad de aumento de la corriente que pasa a través del conmutador 100. La resistencia a la ruptura eléctrica del gas contenido en el conmutador 100 aumenta casi linealmente con la presión. Preferiblemente, se usa alta presión de gas de manera que el hueco necesario entre los electrodos y por lo tanto la longitud del canal de plasma se minimiza de manera substancial. Una longitud reducida del canal de plasma permite un aumento de corriente más rápido y por lo tanto un tiempo de conmutación menor. Preferiblemente, el gas contenido en el conmutador 100 se encuentra a una presión de entre 2,07 MPa (300 psi) y 8,27 MPa (1200 psi).

Una característica ventajosa adicional de un conmutador 100 de acuerdo con las realizaciones preferentes del presente invento descrito anteriormente es una menor dependencia observada con la temperatura cuando el conmutador se usa en una aplicación de carga por impulsos. De forma convencional, la tensión de ruptura entre electrodos del conmutador es función no sólo de la presión del gas sino también de la temperatura del gas. En los casos, como en realizaciones preferentes del presente invento, en que se usa una presión de gas muy alta, preferiblemente por encima de 3,45 MPa (500 psi), si el conmutador 100 de gas se carga en el primer microsegundo hasta una fuerza de campo muy alta, se ha observado que la tensión de ruptura del conmutador se vuelve predominantemente una función del tiempo de formación del canal de plasma, en lugar de ser función de la temperatura y la presión del gas. Esta propiedad se aprovecha en aplicaciones de este tipo para reducir la dependencia del conmutador con la presión / temperatura del gas, haciendo aumentar por tanto el rango de temperatura en el cual opera el conmutador 100 a los niveles de potencia requeridos.

Se proporcionará ahora un análisis simplificado para describir los principios de funcionamiento de un conmutador 100 de acuerdo con realizaciones preferentes del presente invento. Se realizará este análisis haciendo referencia adicional a las figuras 4 a 7.

Haciendo referencia en primer lugar a la figura 4, y considerando el sistema de electrodos mostrado en particular en el conmutador 100 de la figura 1, el campo eléctrico a través del hueco existente entre las zonas anulares elevadas

de los electrodos 115, 120 se puede estimar considerando el campo eléctrico entre dos cilindros 400, 405 conductores de radio R y separación D.

Para una tensión aplicada de V voltios entre los cilindros 400, 405 la intensidad máxima del campo eléctrico viene dada por la ecuación:

$$E_{MAX} = 0,9 \times \frac{V/2}{2,3 \times \ln\left(\frac{R + D/2}{R}\right)}$$

Si existía un campo plano dentro del hueco, el campo eléctrico sería simplemente V/D (voltios/metro). Preferiblemente, el hueco anular está diseñado de tal manera que el radio R del anillo, es menor que la separación D del hueco. En esta situación, el campo eléctrico máximo aumenta de acuerdo con la ecuación:

$$Aumento = \frac{E_{MAX}}{V/D}$$

En la figura 5 se muestra una gráfica 500 del aumento del campo eléctrico E. Como se puede ver en la gráfica 500 de la figura 5, cuando  $R \ll D$  el campo eléctrico máximo tiende a hacerse independiente de la separación D del hueco.

Dado que el campo eléctrico aumenta en el radio anular, R, y se puede observar que la ruptura se produce en ese radio, se esperaría entonces que la erosión por chispa se concentrara en el radio. Sin embargo, de manera sorprendente, en el conmutador 100 del presente invento se ha observado que la erosión se produce de manera mucho más uniforme a través de las superficies de revestimiento del hueco de chispa.

Para las realizaciones preferentes del presente invento en las cuales existe un electrodo cargado positivamente de cara plana, la situación se puede representar en un diagrama simplificado como el que se muestra en la figura 6. Se coloca un cilindro 600 de radio R a una distancia D de un electrodo 605 de cara plana. En esa disposición, la intensidad máxima del campo eléctrico viene dada por la ecuación:

$$E_{MAX} = 0,9 \times \frac{V}{2,3 \times \ln\left(\frac{R + D}{R}\right)}$$

En la figura 7 se muestra una gráfica similar del aumento del campo debido al radio del hueco anular. Haciendo referencia a la figura 7, se proporciona la curva 700 para el sistema de conmutador "de un solo extremo" de la figura 6 junto con la curva 500 para el sistema de conmutador "de doble extremo" de la figura 4 y la figura 5, para su comparación. Como se puede ver en la figura 7, se consigue un mayor aumento con el sistema de conmutador de un solo extremo, el cual ventajosamente también es más sencillo y más barato de producir.

De esta forma, el análisis respalda la observación que se hizo anteriormente de que el uso de un electrodo de cara plana y un electrodo "redondeado" en realizaciones preferentes del conmutador 100 proporciona un mayor aumento de campo y por lo tanto una menor dependencia de la separación de los electrodos (la cual aumenta ligeramente según se van desgastando los citados electrodos). El uso de una superficie de revestimiento "corrugada" o con montículos discretos para el electrodo HV hace aumentar su vida operativa. El desgaste sorprendentemente uniforme de los electrodos en esta geometría trabaja en conjunto con la mayor tolerancia de separación de los electrodos para aumentar aún más la vida operativa de los electrodos y por lo tanto del conmutador 100. Se ha observado que el uso de latón como material para el electrodo, en lugar de un metal más duro como por ejemplo cobre tungsteno, contribuye a un desgaste más uniforme del electrodo porque los metales más duros parecen ser más susceptibles que el latón a una corrosión por picaduras significativa a los niveles de tensión, potencia y energía, indicados anteriormente, a los cuales está dirigido preferiblemente el presente invento.

Una ventaja adicional más, mencionada anteriormente, surge del funcionamiento del conmutador 100 a las presiones prácticas más altas, preferiblemente en el rango de 2,07 MPa (300 psi) a 8,27 MPa (1200 psi), pero más preferiblemente por encima de 3,45 MPa (500 psi). Esto permite que el conmutador 100 sea operado de tal manera que se aumente el rango de temperaturas (y por lo tanto de presiones) operativas de gas para las cuales el conmutador 100 es capaz de conmutar a la potencia total de diseño.

En una cuarta realización preferente del presente invento, se describirá ahora un diseño para un simple par de electrodos coaxiales para su uso en el conmutador 100 de gas de la figura 1 haciendo referencia a la figura 8.

Haciendo referencia inicialmente a la figura 8a, se proporciona en ella una vista en sección transversal de un electrodo 800 preferente diseñado para su uso como un electrodo positivo en un conmutador de gas similar al

conmutador 100 de la figura 1. Haciendo referencia a la figura 8b, se proporciona en ella una vista en sección transversal de un electrodo 850 preferente diseñado para su uso como electrodo negativo en un conmutador de gas de este tipo. Todas las dimensiones mostradas en la figura 8 están expresadas en milímetros.

5 El electrodo 800 positivo preferente es de forma circular y preferiblemente tiene una estructura de dos partes que comprende una parte 805 de electrodo de latón o cobre tungsteno y una parte 810 de conexión de latón o de cobre correspondiente a la porción 145 de conexión del electrodo 115 de la figura 1. La parte de electrodo tiene un diámetro de 31 mm. La parte 810 de conexión permite la conexión eléctrica con la parte 805 de electrodo cuando se monta dentro del recipiente de contención de un conmutador de gas, por ejemplo del conmutador 100 de gas de la figura 1. La parte 805 de electrodo está fijada a la parte 810 de conexión preferiblemente por medio de un tramo 815 de varilla roscada M3 y las partes están soldadas entre sí. La parte 805 de electrodo está provista de una zona 820 anular elevada de 10 mm de espesor que rodea a una cavidad 825 que tiene 12 mm de diámetro y 6 mm de profundidad. La zona 820 anular elevada de la parte 805 de electrodo está provista de un borde 830 interior redondeado de radio de curvatura 0,5 mm y un borde 835 exterior redondeado de radio de curvatura 4 mm.

15 Haciendo referencia a la figura 8b, el electrodo 850 negativo es también de forma circular y tiene una estructura de dos partes que comprende una parte 855 de electrodo de latón o de cobre tungsteno y una parte 860 de conexión de latón o de cobre. La parte 855 de electrodo está fijada de manera similar a la parte 860 de conexión preferiblemente por medio de un tramo 865 de varilla roscada M3 y por soldeo. La parte 855 de electrodo comprende un disco de 8 mm de espesor y 31 mm de diámetro con cantos redondeados. Un poste 870 cilíndrico de latón que tiene 6 mm de longitud y 6 mm de diámetro sobresale desde el centro de una cara 875 frontal del disco. El poste 870 está provisto de un borde 880 redondeado con radio de curvatura 0,5 mm.

20 En la figura 9 se muestra en vista en sección transversal un conmutador de gas que incorpora el par coaxial de electrodos 800 positivo y 850 negativo. A las características mostradas que son comunes a las de la figura 8 se les da las mismas referencias numéricas.

25 Haciendo referencia a la figura 9, se muestra en ella una vista en sección transversal de una porción de un conmutador 900 de gas de alta presión, que comprende un recipiente 905 de contención de alta presión substancialmente cilíndrico fabricado preferiblemente a partir de un metal de alta resistencia como por ejemplo acero inoxidable. Elementos 910 aislantes, fabricados preferiblemente de cerámica o de un plástico como por ejemplo nylon o polipropileno, actúan como las paredes finales del recipiente 905 de contención de alta presión y como soportes aislantes de la electricidad para una pareja de electrodos 800, 850. Se proporcionan anillos 915 de sellado para sellar el recipiente 905 cuando éste se encuentra en su estado ensamblado con los elementos 910 aislantes sujetos firmemente en su sitio por elementos de retención (no mostrados en la figura 9). El recipiente 905 de contención proporciona un espacio 920 alrededor de los electrodos 800, 850 para contener un gas apropiado, preferiblemente nitrógeno, hidrógeno o SF<sub>6</sub>, a muy alta presión, preferiblemente en el rango de 2,07 MPa (300 psi) a 8,27 MPa (1200 psi).

35 Los electrodos 800, 850 son sujetos en una posición fija como se muestra en la figura 9 por los elementos 910 aislantes de manera que existe un hueco L1 nominal entre el poste (870 en la figura 8b) del electrodo 850 negativo y la base de la cavidad (825 en la figura 8a) del electrodo 800 positivo y un hueco nominal L2 entre la porción anular elevada (820 en la figura 8a) del electrodo 800 positivo y la cara frontal (875 en la figura 8b) del electrodo 850 negativo, formando de ese modo una disposición coaxial de esas partes de los electrodos 800, 850. Durante el funcionamiento el campo eléctrico aumenta en la zona del borde redondeado (880 en la figura 8b) del poste 870. Los electrodos 800, 850 se pueden disponer de manera que el mayor campo eléctrico se produzca en el borde 880 redondeado del poste 870 donde se ha observado que la erosión del radio de curvatura del borde 880 se produce de manera uniforme, de tal manera que el radio se conserva substancialmente a lo largo de toda la vida de los electrodos 800, 850.

45 En una variación preferente en el diseño de los electrodos 800, 850 de la cuarta realización preferente, el poste 870 se puede hacer ligeramente más largo y se puede dotar de uno o más bordes redondeados para proporcionar zonas adicionales de aumento del campo eléctrico, con una ventaja similar de mayor área superficial de erosión a la proporcionada por los bordes concéntricos adicionales del electrodo 300 descrito anteriormente al hacer referencia a la figura 3a. En la figura 10 se muestra un conmutador de gas que incorpora esta variación de los electrodos 800, 850 y que se describirá ahora haciendo referencia a dicha figura.

50 Haciendo referencia a la figura 10, un conmutador 950 de gas de alta presión substancialmente idéntico al (900) mostrado en la figura 9, que tiene un recipiente 955 de contención cilíndrico, elementos 960 aislantes que soportan electrodos 965, 970 positivos y negativos respectivamente y que contiene un gas 975 a alta presión. Los electrodos 965, 970 son substancialmente similares respectivamente a los electrodos 800, 850 de la figura 8, pero para una variación en el diseño del poste 870 del electrodo 850. En el electrodo 970 negativo de la figura 10, se proporciona un borde 980 redondeado alrededor del lateral de un poste 985 alargado correspondiente además de un borde 990 final redondeado y paralelo a dicho borde. Preferiblemente el radio de curvatura del borde 980 adicional es de 0,5

mm, y de forma similar para el borde 990 final. Durante el funcionamiento, el borde 980 adicional proporciona una zona de aumento del campo adicional a la proporcionada por el borde 990 final, aumentando por lo tanto la superficie de erosión del electrodo 970 en comparación con la del electrodo 850.

- 5 El alcance del presente invento, tal como se define en las reivindicaciones, pretende incluir variaciones en los diseños del conmutador 100 de gas y de los electrodos 115, 120, como resultaría evidente para una persona de experiencia ordinaria en este campo de acuerdo con los principios descritos en realizaciones preferentes del presente invento anteriormente descrito.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conmutador (100) de alta tensión, apropiado para conmutar tensiones del orden de varios cientos de kilovoltios, comprendiendo el conmutador:
- 5 un recipiente (105) de contención para contener un gas a alta presión;
- electrodos primero (115) y segundo (120) alojados en el interior del recipiente (105) de contención y aislados eléctricamente del mismo;
- 10 caracterizado porque los electrodos primero (115) y segundo (120) están soportados en una disposición cara-a-cara por la cual las superficies de revestimiento de los electrodos primero y segundo están separadas por una distancia D nominal y la superficie (205) de revestimiento de al menos uno de los electrodos primero (115) y segundo (120) comprende al menos una porción (215) que está elevada en comparación con el resto (210) de la superficie de revestimiento,
- y en el cual el recipiente (105) de contención contiene un gas a una presión en el rango de 2,07 MPa (300 psi) a 8,27 MPa (1200 psi).
- 15 2. El conmutador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la al menos una porción elevada comprende una zona (310) anular elevada.
3. El conmutador de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual la al menos una porción elevada comprende una pluralidad de zonas (310, 315) anulares elevadas dispuestas por encima de la superficie (305) de revestimiento.
- 20 4. El conmutador de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual dicha pluralidad de zonas (310, 315) anulares elevadas están dispuestas de forma concéntrica.
5. El conmutador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la al menos una porción elevada comprende una pluralidad de zonas discretas localmente elevadas distribuidas por toda la superficie de revestimiento.
6. El conmutador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual uno de los electrodos primero y segundo está provisto de una superficie (355) de revestimiento substancialmente plana.
- 25 7. El conmutador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la al menos una porción elevada comprende un poste (870) cilíndrico proporcionado sobre la superficie de revestimiento del primer electrodo (850) y alineado con un eje central del mismo, y en el cual la superficie de revestimiento del segundo electrodo (800) está provista de una cavidad (825) diseñada para encerrar parcialmente el poste (870) cilíndrico del primer electrodo (850) coaxialmente cuando los electrodos primero (850) y segundo (800) están en una disposición cara-a-cara.
- 30 8. El conmutador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la al menos una porción elevada comprende una superficie redondeada.
9. El conmutador de acuerdo con la reivindicación 8 cuando depende de la reivindicación 7, en el cual el borde (990) final del poste está provisto de una superficie redondeada.
- 35 10. El conmutador de acuerdo con la reivindicación 9, en el cual el poste comprende además uno o más bordes (980) redondeados adicionales proporcionados alrededor del lateral y substancialmente paralelos al borde (990) final del poste.
11. El conmutador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el cual el radio (R) de curvatura de la superficie redondeada es significativamente menor que la distancia D de separación de los electrodos primero y segundo.
- 40 12. El conmutador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la presión del gas es de al menos 3,45 MPa (500 psi).
13. El conmutador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual al menos uno de los electrodos primero (115) y segundo (120) está fabricado de latón o de cobre tungsteno.
- 45 14. El conmutador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el gas comprende nitrógeno, hidrógeno o SF<sub>6</sub>.



Fig.1.

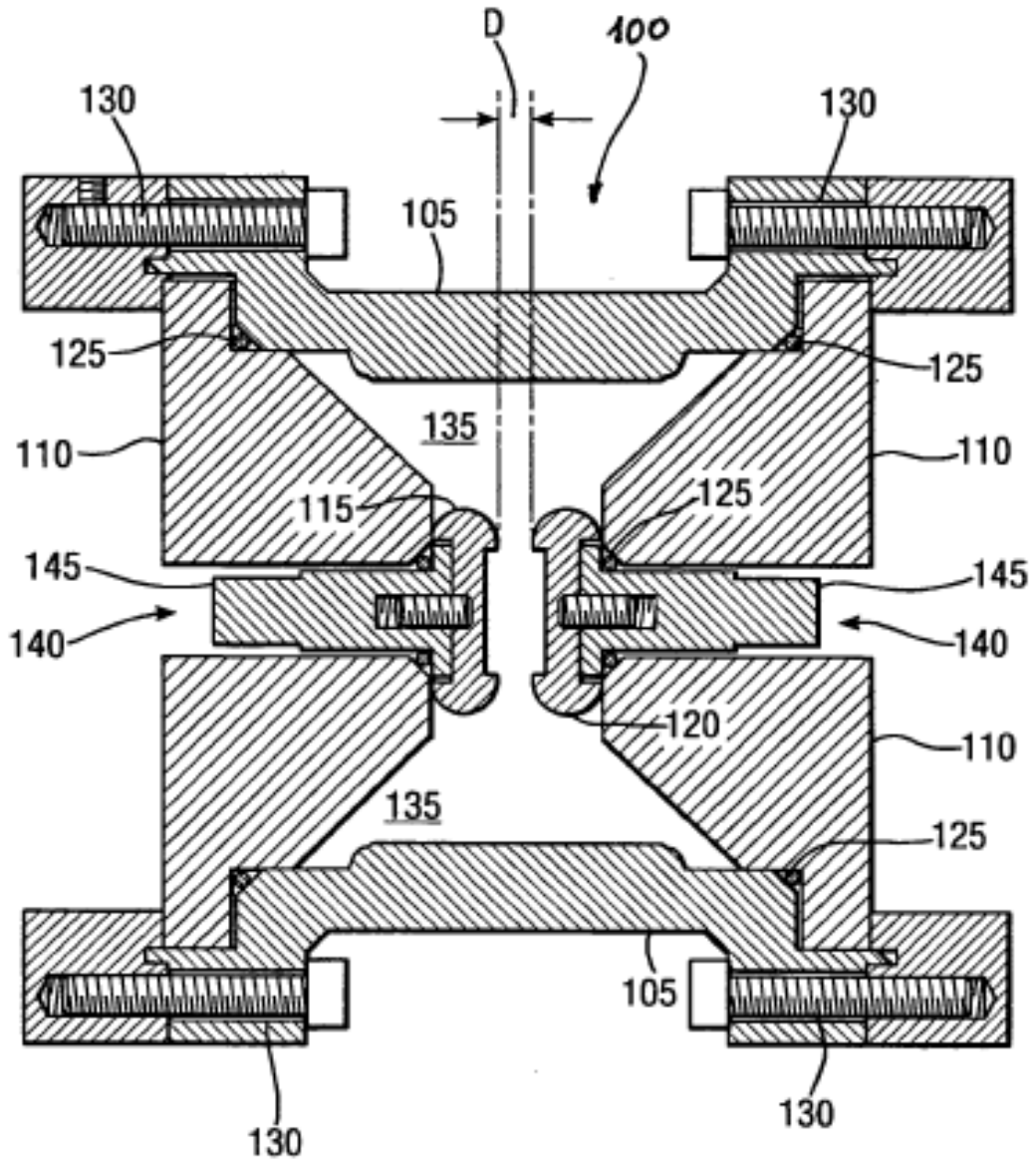






Fig.3b.

Electrodo +ve

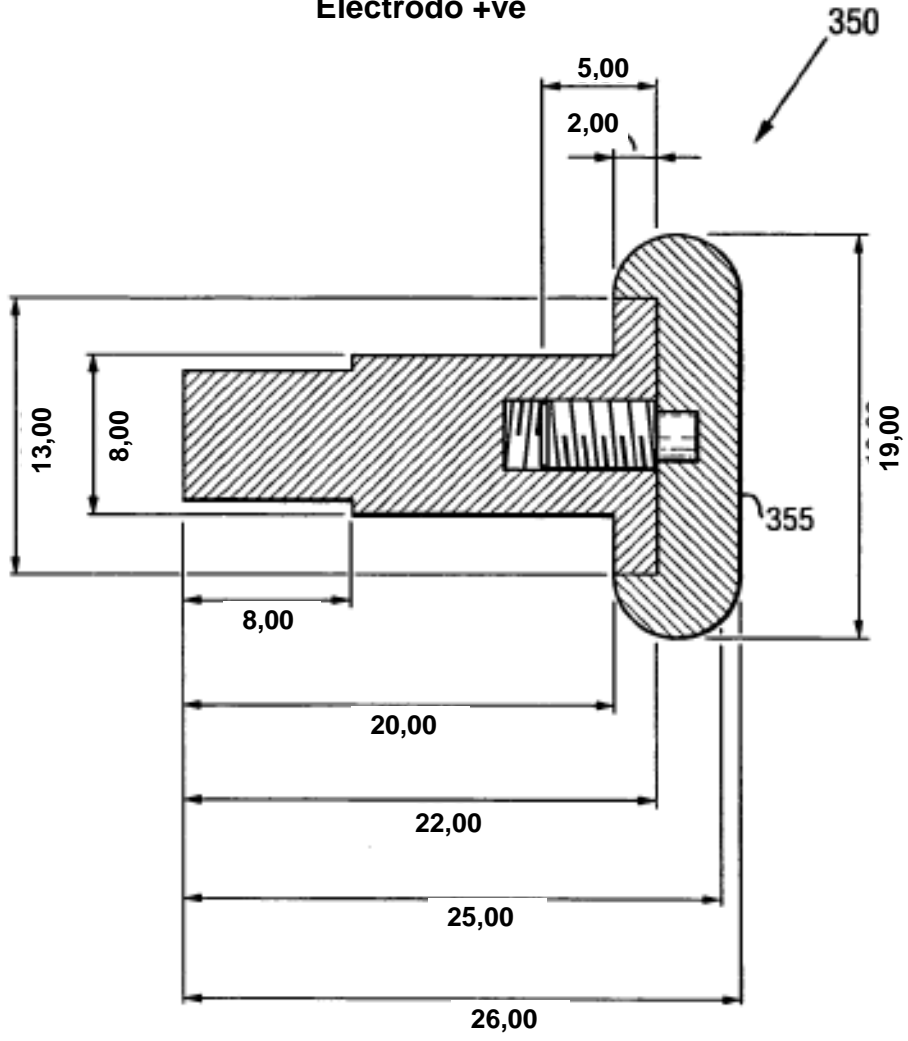


Fig.4.

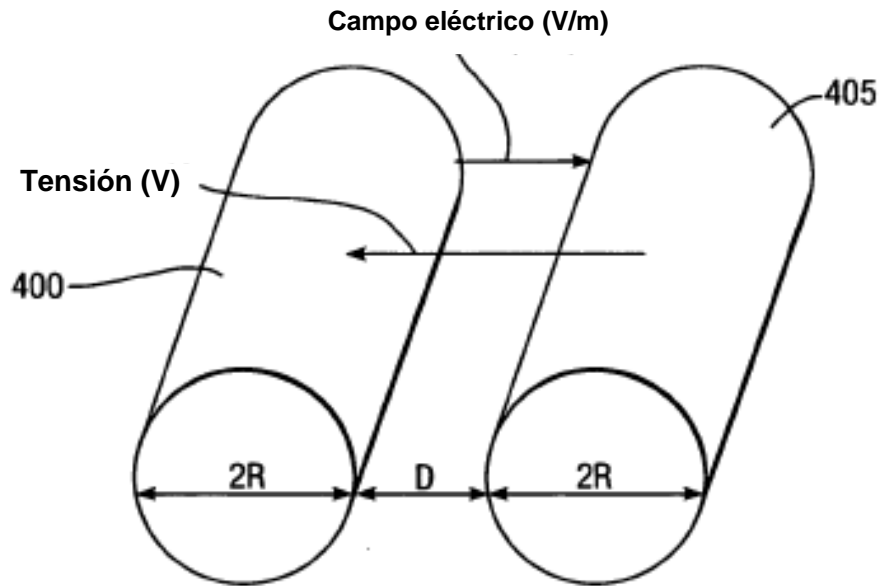


Fig.5.

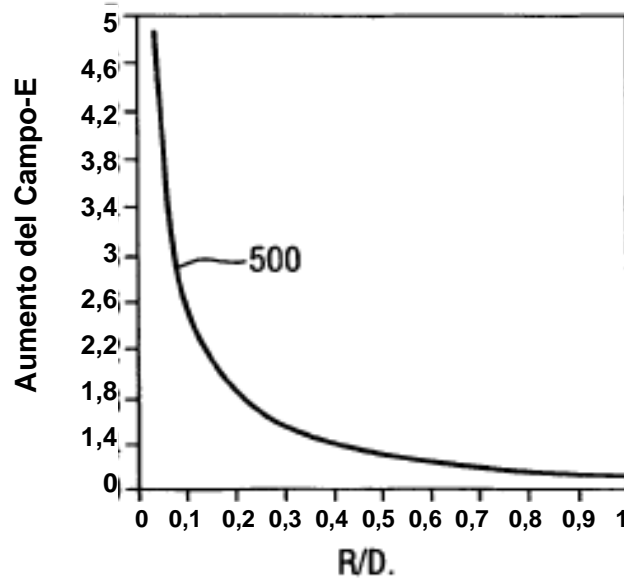


Fig.6.

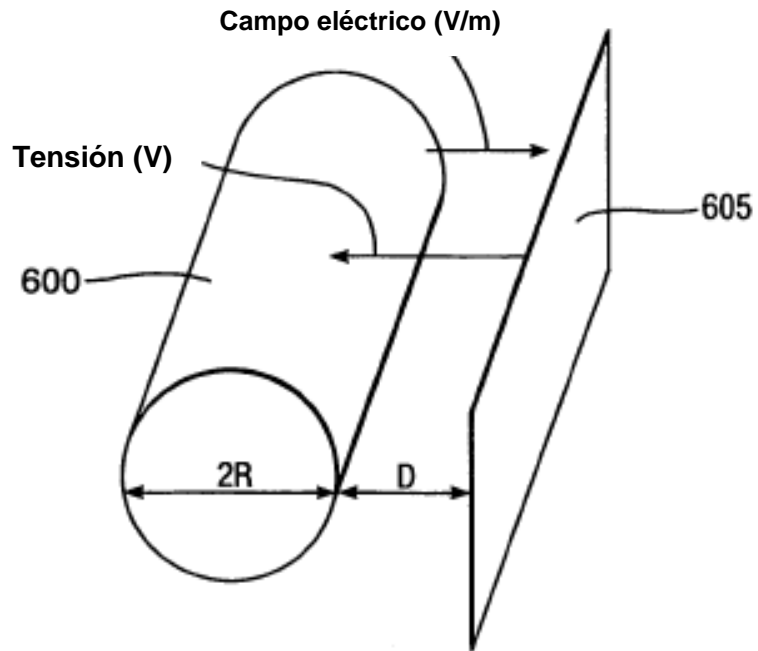


Fig.7.

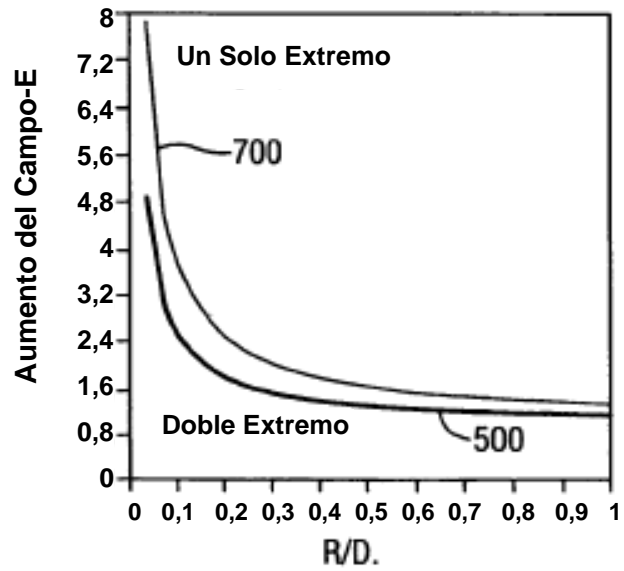


Fig.8a.

Electrodo +ve

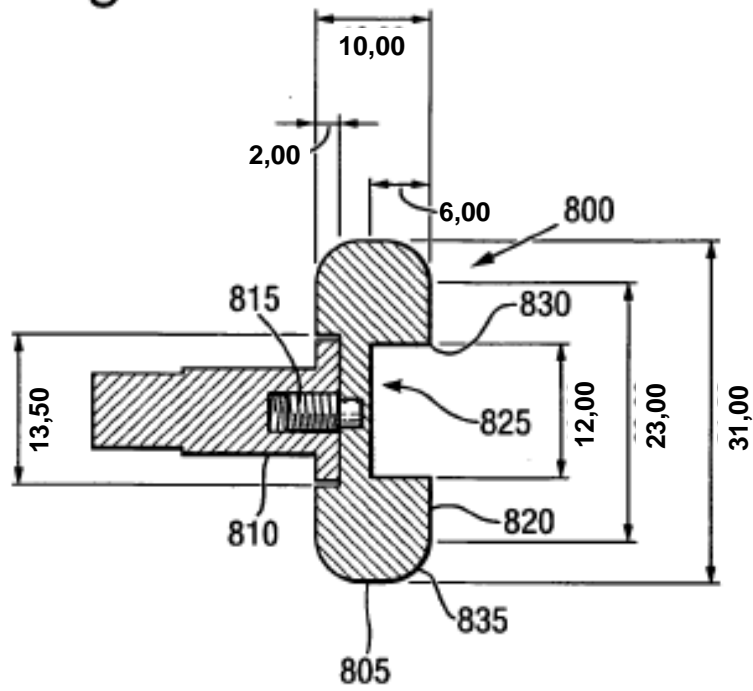


Fig.8b.

Electrodo -ve

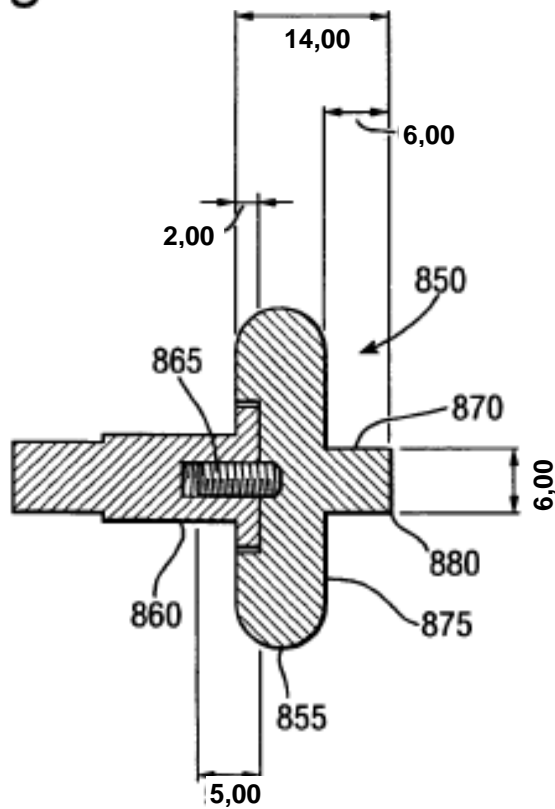


Fig.9.

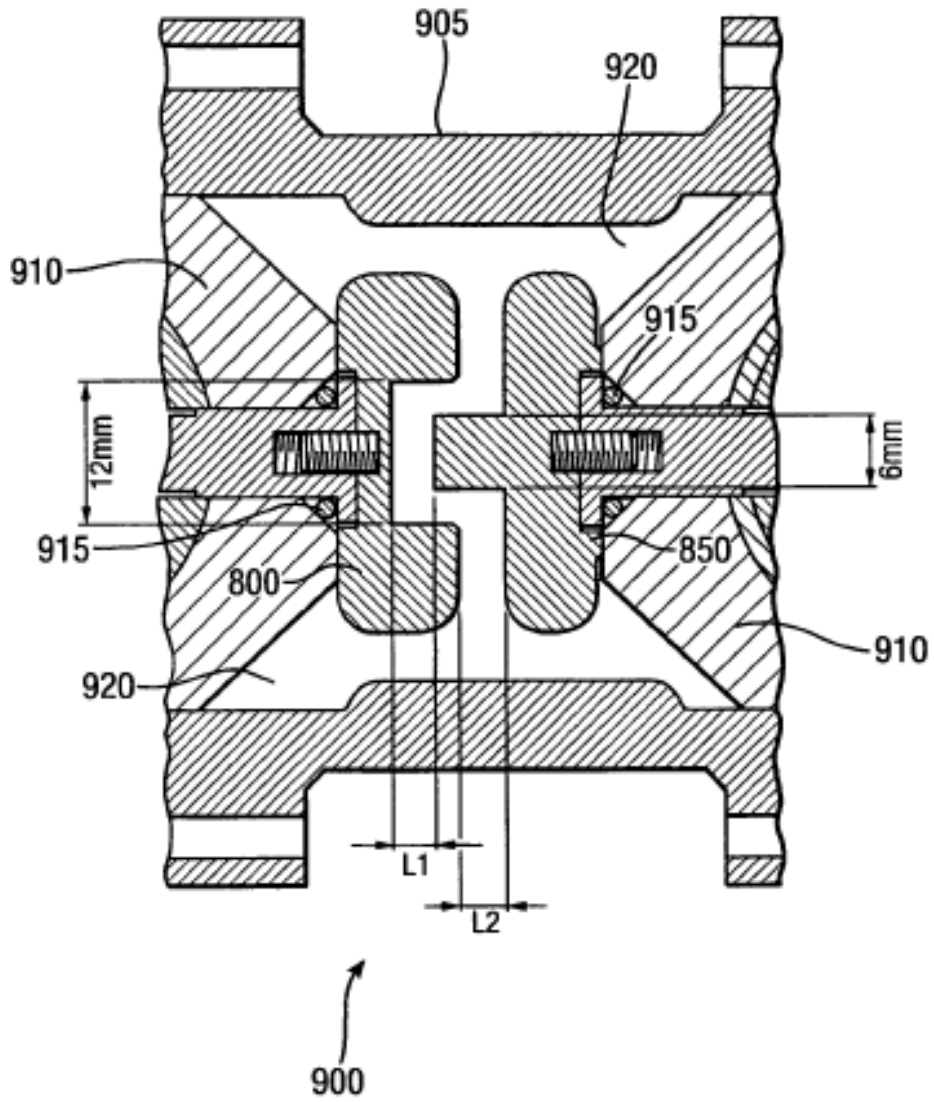




Fig.10.

