

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 948**

51 Int. Cl.:

H01H 33/44 (2006.01)

H01H 33/59 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.11.2016 PCT/FR2016/052840**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17103355**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2016 E 16809125 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 3391401**

54 Título: **Procedimiento de control de un aparato de corte eléctrico e instalación eléctrica que comprende un aparato de corte eléctrico**

30 Prioridad:

14.12.2015 FR 1562321

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

19.06.2020

73 Titular/es:

**SUPERGRID INSTITUTE (100.0%)
23 Rue Cyprian
69100 Villeurbanne, FR**

72 Inventor/es:

**BERTELOOT, THOMAS y
VINSON, PAUL**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 767 948 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

Procedimiento de control de un aparato de corte eléctrico e instalación eléctrica que comprende un aparato de corte eléctrico.

5

La invención se refiere al campo tecnológico de los aparatos de corte de circuitos eléctricos de alta tensión, más particularmente a sus procedimientos de control, en instalaciones eléctricas de alta tensión alterna.

10

De manera tradicional, las redes eléctricas son unas infraestructuras a escala de una región, de un país o de un continente, en las que la energía eléctrica se transporta bajo alta tensión alterna durante varias decenas, centenas o miles de kilómetros.

15

En estas redes, se encuentran unas instalaciones eléctricas, que comprenden especialmente unos postes eléctricos o subestaciones eléctricas, en las que se encuentra al menos un aparato de corte de circuito eléctrico.

20

En un circuito eléctrico, se encuentra generalmente al menos una fuente de tensión, y al menos un utilizador de tensión, que puede comprender cualquier aparato o conjunto de aparatos o cualquier red que tiene tales aparatos que utilizan la energía eléctrica para transformarla en otra forma de energía, por ejemplo en energía mecánica y/o calorífica y/o electromagnética, etc.

25

En un circuito eléctrico, se encuentran generalmente unos aparatos de corte de circuitos eléctricos que permiten interrumpir la circulación de la corriente eléctrica en el circuito, generalmente entre la fuente de tensión y el utilizador de tensión, o entre la fuente de tensión y la toma de tierra. Se conocen diferentes tipos de aparatos de corte de circuitos eléctricos. Por ejemplo, se conocen los disyuntores, que son unos aparatos de corte mecánico del circuito eléctrico y que están diseñados y dimensionados para permitir especialmente una abertura en carga o en régimen de fallo del circuito eléctrico en el que se interponen. Sin embargo, los disyuntores son unos aparatos complejos, caros y voluminosos y están destinados a las funciones de protección de la red. Se conocen, por otro lado, unos aparatos de corte de circuitos eléctricos, de diseño más sencillo, tales como unos seccionadores que no están diseñados generalmente para realizar cortes de circuitos en carga, sino más bien para asegurar, en un circuito en el que la circulación de corriente ya se ha interrumpido por otro aparato de corte, la seguridad de los bienes y de las personas durante las intervenciones, asegurando un aislamiento eléctrico de un nivel elevado predeterminado entre una porción aguas arriba del circuito, unida a la fuente de tensión, y una porción aguas abajo del circuito.

30

35

Por otro lado, se conoce utilizar, especialmente para los circuitos de alta tensión, unos aparatos denominados "bajo envoltura metálica" en los que los elementos activos de corte están encerrados en un recinto estanco, a veces denominado tanque o envoltura metálica, lleno de un fluido aislante. Tal fluido puede ser un gas, habitualmente hexafluoruro de azufre (SF_6), pero se utilizan también líquidos o aceites. Este fluido se selecciona por su carácter aislante, especialmente con el fin de presentar una rigidez dieléctrica superior a la del aire seco a presión equivalente. Los aparatos bajo envoltura metálica pueden diseñarse especialmente de manera más compacta que los aparatos en los que el corte y el aislamiento se realizan al aire.

40

45

Un seccionador clásico "bajo envoltura metálica" comprende especialmente dos electrodos que se sujetan, mediante unos soportes aislantes, en unas posiciones fijas alejadas de la pared periférica de un recinto, por ejemplo la envoltura metálica, que tiene el potencial de tierra. Estos electrodos se conectan eléctricamente o se separan eléctricamente en función de la posición de un elemento de conexión móvil que pertenece a uno de los electrodos, por ejemplo un tubo deslizante accionado por un mando. El tubo es portado generalmente por uno de los electrodos, al cual está conectado eléctricamente, y la separación del tubo del electrodo opuesto es susceptible de crear un arco eléctrico. Un seccionador se sitúa generalmente en una subestación eléctrica. Se conecta a los otros elementos de la subestación, por ejemplo por unas barras de conexión. A cada lado del seccionador, se pueden encontrar otros elementos de una subestación como un disyuntor, un transformador de potencia, un cruce aéreo, etc.

50

55

En algunas configuraciones de circuito eléctrico, se puede prever así que un seccionador esté dispuesto entre una fuente de tensión alterna, especialmente de alta tensión, y otro aparato de corte tal como un disyuntor, estando el disyuntor así en una porción aguas abajo del circuito con respecto a la fuente de tensión y al seccionador. Así, para abrir tal circuito eléctrico y aislarlo de la fuente de tensión, se procede generalmente a la apertura de un primer aparato de corte, por ejemplo de tipo disyuntor, para detener la circulación de corriente en el circuito. Después, para aislar la porción aguas abajo del circuito, se abre el seccionador. En tal caso, un primer electrodo del seccionador está conectado eléctricamente, directa o indirectamente, a la fuente de tensión alterna mientras que el segundo electrodo, después de la apertura del circuito, se encuentra aislado eléctricamente de cualquier fuente de tensión y de cualquier masa eléctrica, por lo tanto a un potencial eléctrico flotante. Se considerará que un electrodo está aislado eléctricamente de cualquier fuente de tensión y de cualquier masa eléctrica, por lo tanto a un potencial eléctrico flotante, si forma una capacidad diferente de cero con los elementos conductores que lo rodean, que se conectarían a un potencial determinado, por ejemplo una fuente de tensión o una masa eléctrica, es decir el electrodo conectado a la fuente de tensión (circuito aguas arriba), la envoltura metálica conectada a

65

tierra, y/o cualquier parte de otro aparato de corte que pertenezca al circuito aguas abajo. Así, durante una maniobra de apertura de un seccionador en tal instalación, el primer electrodo presenta un potencial eléctrico que varía a lo largo del tiempo en función de la tensión alterna suministrada por la fuente de tensión a la cual está conectado. Por el contrario, al estar aislado el segundo electrodo, su potencial eléctrico no está determinado. Puede ser el potencial eléctrico del electrodo en el momento del último contacto en la posición relativa de cierre eléctrico de los dos electrodos. Después de la apertura, puede subsistir un acoplamiento capacitivo entre los dos electrodos por el cual puede hacerse variar el potencial del segundo electrodo. Sin embargo, este fenómeno se desatenderá aquí ya que su amplitud es general y claramente inferior al potencial eléctrico que existe en el momento del último contacto o por medio de un arco eléctrico entre los dos electrodos.

Sin embargo, durante el movimiento relativo de apertura de los electrodos, especialmente al principio de este movimiento relativo, justo después de la posición de último contacto eléctrico entre los dos electrodos en el sentido de la apertura, se conoce que entre dos electrodos son susceptibles de aparecer arcos eléctricos.

Se ilustrará el problema origen de la invención haciendo referencia a la figura 4 en la que se han ilustrado las variaciones en el tiempo del potencial eléctrico U_1 , U_2 de cada uno de los dos electrodos con respecto a un potencial de tierra durante un movimiento relativo de apertura de los electrodos. Se considerará que este movimiento de apertura relativo se realiza con una velocidad constante del movimiento relativo de los dos electrodos que corresponden a una separación entre los dos electrodos que aumenta de manera constante a lo largo del tiempo. Debido a este aumento de la separación, se constata un incremento constante correspondiente de la resistencia dieléctrica entre los dos electrodos, es decir de la diferencia de potencial necesaria entre los dos electrodos para permitir el inicio de un arco eléctrico. Dicho de otra manera, la resistencia dieléctrica entre los dos electrodos, que es nula para la posición relativa del cierre eléctrico, se incrementa progresivamente desde un valor inicial cuando se pierde el contacto físico entre los dos electrodos, hasta un valor de resistencia dieléctrica final que corresponde a la posición relativa de apertura eléctrica de los dos electrodos, la cual garantiza el aislamiento entre la parte aguas arriba y la parte aguas abajo del circuito eléctrico en el que se interpone el seccionador.

En la posición relativa de cierre eléctrico de los dos electrodos, los dos electrodos del seccionador están en cada momento en el mismo potencial eléctrico, lo que se puede ver en la parte de la izquierda de la figura 4, dictándose siendo este potencial eléctrico en este caso directamente por la tensión alterna suministrada por una fuente de tensión. Se ha ilustrado en la figura 4 un instante t_0 , que es el instante de la pérdida de contacto físico entre los dos electrodos. Más allá de este instante, se considera que los dos electrodos no están ya físicamente en contacto el uno con el otro. Sin embargo, en los instantes que siguen inmediatamente la pérdida de contacto, y especialmente en el ámbito de una instalación que funciona a alta tensión, se crea un arco eléctrico, y mantiene, al menos inicialmente, el potencial eléctrico del segundo electrodo sustancialmente al mismo nivel, en cada momento, que el del primer electrodo. Sin embargo, después de un instante t_1 , los dos electrodos se separan el uno del otro por una distancia tal que el arco eléctrico se interrumpe por primera vez, permitiendo la aparición de una diferencia de potencial entre los dos electrodos. Sin embargo, cuando esta diferencia de potencial excede la resistencia dieléctrica definida por la distancia de separación, se forma un nuevo arco, devolviendo instantáneamente el potencial del segundo electrodo al nivel del del primero. A medida que el tiempo pasa, y por lo tanto que la distancia entre los dos electrodos aumenta, la duración de interrupción de los arcos se vuelve cada vez más larga debido al incremento progresivo de la resistencia dieléctrica entre los dos electrodos, lo que resulta directamente del incremento de la separación entre los dos electrodos. En el ejemplo de la figura 4, existe un instante t_2 a partir del cual aparece sólo un único arco eléctrico por semiperiodo de alternancia del potencial eléctrico del primer electrodo. Cuando aparece tal arco, el potencial del segundo electrodo se lleva aproximadamente a nivel del potencial eléctrico del primer electrodo en el momento del arco. Este arco es fugitivo en la medida en la que desaparece cuando los dos electrodos están sustancialmente al mismo potencial debido al arco eléctrico. Se recuerda aquí que el segundo electrodo está a un potencial flotante y no a un potencial determinado, como sería el caso si estuviese conectado a la masa eléctrica o a otra fuente de tensión. Sin embargo, cuando este arco eléctrico se apaga, dado que el primer electrodo está conectado a una fuente de tensión alterna, el potencial del primer electrodo sigue variando mientras que el potencial eléctrico del segundo electrodo sigue al nivel que alcanzó tras el arco anterior. Resulta así un incremento de la diferencia de potencial eléctrico entre los dos electrodos, y cuando esta diferencia de potencial supera la capacidad de aislamiento eléctrico entre los dos electrodos para la posición relativa instantánea de los dos electrodos, se forma un nuevo arco fugitivo.

Estos arcos eléctricos siguen produciéndose hasta un instante t_3 , que corresponde al instante del último arco eléctrico de la maniobra de apertura. Más allá de este último arco eléctrico, la resistencia dieléctrica entre los dos electrodos es demasiado elevada para que se forme un nuevo arco. Así, cuando los dos electrodos alcanzan su posición relativa de apertura eléctrica, el segundo electrodo se encuentra a un potencial eléctrico final U_f que resulta del último arco eléctrico, y que resulta por lo tanto del instante en el cual se inicia este último arco eléctrico y del potencial eléctrico del primer electrodo en el instante de este último arco eléctrico.

Unas simulaciones han mostrado que, en una instalación dada, con una fuente de tensión alterna dada, y con un procedimiento de apertura del seccionador dado del tipo del descrito anteriormente, este valor terminal del potencial eléctrico del segundo electrodo era fuertemente aleatorio. Estas simulaciones se expusieron durante una comunicación oral en la conferencia CIGRE New Dehli 2013 («Development of a Gas Insulated Disconnecter for

UHV Networks» - Thomas BERTELOOT, Alain GIRODET, Paul VINSON, Mathieu BERNARD, véase también el folleto «CIGRE 570 - Working Group A3.28 February 2014 - Switching Phenomena for EHV and UHV Equipment»). Esta comunicación exponía, especialmente, que unas velocidades de apertura de 0,05 o 0,1 m/s permitían obtener, con una mayor probabilidad, un valor terminal del potencial eléctrico del segundo electrodo inferior al obtenido para una velocidad de apertura de 0,5 m/s. Una enseñanza similar se puede extraer del documento «Influence of the Switching Speed of the Disconnecter on Very Fast Transient Overvoltage» (Shu Yinbiao, Han Bin, Lin Ji-Ming, Chen Weijiang, Ban Liangeng, Xiang Zutao, y Chen Guoqiang - IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 28, Nº 4, octubre de 2013).

Ahora bien, parece que este valor terminal del potencial eléctrico del segundo electrodo, a veces denominado carga atrapada, no está exento de incidencia.

Se observa en primer lugar que, entre los instantes t_2 y t_3 , la diferencia de potencial entre los dos electrodos en el momento de la activación de un arco eléctrico, o tensión de cebado ΔU , crece en cada alternancia. Ahora bien, para cada arco eléctrico, aparece una sobretensión de altas frecuencias sobre los primeros microsegundos. Se denomina esta sobretensión VFTO (Very Fast Transient Overvoltage). Cuanto más elevada sea la tensión de inicio ΔU entre dos electrodos del seccionador, mayor será la VFTO correspondiente. La VFTO se propaga en cada punto conectado eléctricamente al seccionador: se propaga por lo tanto en los otros elementos de la subestación situados a ambos lados del seccionador. La VFTO es por lo tanto susceptible de propagarse a nivel de los transformadores de potencia, de los cruces, de los disyuntores, etc. La sobretensión creada por la VFTO viene así a estresar el aislamiento fase-tierra de todos los elementos conectados al seccionador.

Ya se han propuesto soluciones a este problema, que no dan total satisfacción.

Una primera solución conocida consiste en la utilización de un seccionador de resistencia. En tal dispositivo, una resistencia eléctrica está insertada en el paso de la corriente durante la maniobra de apertura únicamente. En tal seccionador, la resistencia está situada entre uno de los electrodos del seccionador y un electrodo de resistencia. Los arcos eléctricos se producen entonces entre el tubo de seccionador y el electrodo de resistencia. Su valor puede ir hasta 1k Ω . Esta primera solución presenta unos límites constituidos por el volumen sustancialmente más importante del seccionador, su coste más importante a causa de las piezas suplementarias y a causa de una necesidad incrementada de mantenimiento, y una fiabilidad menor a causa de la presencia de la resistencia eléctrica.

Una segunda solución, descrita por ejemplo en el documento JP-2000.068805 consiste en la utilización de un seccionador para el cual se controla el valor de las tensiones de inicio entre los dos electrodos provocando un inicio de los arcos eléctricos con un haz láser. La fuente láser está posicionada en el exterior del seccionador y un dispositivo óptico constituido de espejos y/o lentes permite llevar la energía del láser entre el tubo y el electrodo opuesto. Se comprende que tal solución es cara y compleja.

Subsiste por lo tanto la necesidad de limitar las sobretensiones de altas frecuencias debidas a los arcos eléctricos que aparecen a la apertura en un aparato de corte mecánico del cual un electrodo está sometido a un potencial eléctrico alterno, y del cual el otro electrodo es de potencial eléctrico flotante, esto conservando unas instalaciones simples y poco caras. El documento FR 2 953 983 A1 describe un procedimiento de control de apertura de un aparato de corte mecánico, según el preámbulo de la reivindicación 1.

Con este objetivo, la invención propone un procedimiento de control de apertura de un aparato de corte mecánico en un circuito eléctrico de alta tensión alterna, del tipo que comprende dos electrodos de los cuales un primero está sometido a un potencial eléctrico alterno que tiene un periodo de alternancia, y de los cuales un segundo está aislado eléctricamente por cualquier fuente de tensión y de cualquier masa eléctrica, siendo los dos electrodos del aparato mecánico móviles el uno con respecto al otro según un movimiento de apertura controlada, entre una posición relativa de cierre eléctrico, en la que establecen una conexión eléctrica nominal del aparato, y al menos una posición relativa final de apertura eléctrica en la que los dos electrodos están separados el uno del otro de una separación final,

caracterizado por que el procedimiento comprende:

- una etapa inicial de apertura que comprende al menos un intervalo de tiempo de apertura rápida cuya duración vale al menos 1 vez el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y durante el cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una primera velocidad media de separación superior a 0,05 metro por segundo, preferentemente superior a 0,1 metro por segundo;
- al menos una etapa de estabilización, ulterior a la etapa inicial de apertura y que comprende al menos un intervalo de tiempo de estabilización cuya duración vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que corresponde a unas separaciones de los dos electrodos comprendidas entre el 10% y el 90% de la separación final, durante el cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una velocidad media de separación de estabilización inferior a 0,03 metro por

segundo.

Según otras características opcionales de tal procedimiento, tomadas solas o en combinación:

- 5 - el procedimiento comprende, después de la etapa de estabilización, al menos una etapa de búsqueda de apertura, comprendiendo el menos un intervalo de tiempo de búsqueda de apertura cuya duración vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y durante el cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una velocidad media de separación superior a 0,03 metro por segundo, preferentemente superior a 0,05 metros por segundo, más preferiblemente superior a 10 0,1 metro por segundo.
- el procedimiento comprende, después de una etapa de búsqueda de la apertura, una etapa de estabilización secundaria que comprende al menos un intervalo de tiempo de estabilización secundario cuya duración vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo, durante el cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una velocidad media de separación inferior a 0,03 metro por segundo.
- 15 - el procedimiento comprende una etapa de apertura final durante la cual los electrodos alcanzan su posición relativa final de apertura.
- 20 - una etapa de estabilización empieza por una posición relativa intermedia de los dos electrodos entre la posición relativa de cierre y la posición relativa final de apertura, y distinta de la posición relativa de cierre y de la posición relativa final de apertura.
- 25 - una etapa de estabilización se inicia para corresponder a una posición relativa predeterminada de los dos electrodos.
- una etapa de estabilización se inicia en función de al menos un parámetro de funcionamiento del aparato.
- 30 - una etapa de estabilización se inicia al menos en función de la duración de un intervalo de tiempo entre dos arcos eléctricos entre el primer y el segundo electrodo durante el movimiento de apertura.
- durante la etapa inicial de apertura, se detecta un intervalo de tiempo entre dos arcos eléctricos entre el primer y el segundo electrodo, y se compara la duración del intervalo de tiempo con respecto a un valor de referencia por encima del cual se inicia una etapa de estabilización.
- 35 - una etapa de estabilización se inicia al menos en función de la tensión entre los dos electrodos en el momento del inicio de un arco eléctrico entre los dos electrodos.
- 40 - una etapa de búsqueda de la apertura se inicia después del transcurso de un lapso de tiempo predeterminado según un último arco eléctrico detectado entre los dos electrodos.
- el inicio de una etapa de estabilización secundaria se determina al menos en función de la detección de un arco eléctrico entre el primer y el segundo electrodo durante una etapa de búsqueda de la apertura.
- 45 - durante una etapa de estabilización, los electrodos ocupan al menos una posición relativa de último arco para la cual:
- existe un valor de potencial eléctrico del primer electrodo sometido a un potencial eléctrico alterno que crea, para esta posición, y para un valor anterior de potencial del segundo electrodo, un arco eléctrico entre los dos electrodos, y
- el arco eléctrico lleva el segundo electrodo a un potencial final para el cual la diferencia de potencial eléctrico entre el primer electrodo y el segundo electrodo es inferior a la resistencia dieléctrica mínima entre los electrodos para dicha posición.
- 55 - durante la etapa de estabilización, los electrodos ocupan al menos una posición relativa para la cual el valor de separación de los electrodos está comprendido entre el 0% y el 50%, más preferiblemente entre el 10% y el 30% del valor de separación de los electrodos en una posición final de apertura.
- 60 - durante la etapa de estabilización, los electrodos ocupan al menos una posición relativa para la cual el valor de separación de los electrodos está comprendido entre el 40% y el 90%, más preferiblemente entre el 60% y el 90% del valor de separación de los electrodos en una posición final de apertura.
- 65 - una etapa de estabilización comprende al menos una parada del movimiento relativo de los dos electrodos.

- una etapa de estabilización consiste en una parada del movimiento relativo de los dos electrodos.
- una etapa de estabilización presenta una duración igual a al menos 5 veces, alternativamente al menos 10 veces, alternativamente al menos 20 veces, el periodo de alternancia del potencial eléctrico al cual se somete el primer electrodo.
- una etapa de estabilización presenta una duración inferior a 75 veces el periodo de alternancia del potencial eléctrico al cual se somete el primer electrodo, preferentemente inferior a 50 veces el periodo de alternancia del potencial eléctrico al cual se somete el primer electrodo.
- la segunda velocidad media de separación se selecciona de tal manera que la velocidad de incremento de la resistencia dieléctrica mínima del aparato, generada por el aumento del valor de separación, crece a una velocidad inferior a 1,0 pu/s, preferentemente inferior a 0,5 pu/s, en el que 1 pu es el valor del valor máximo del potencial eléctrico al cual se somete el primer electrodo con respecto a la tierra.
- el potencial eléctrico del segundo electrodo, cuando los dos electrodos alcanzan su posición relativa final de apertura es inferior a 0,5 pu, en el que 1 pu es el valor del valor máximo de la tensión eléctrica a la cual se somete el primer electrodo con respecto a la tierra.

La invención se refiere también a una instalación eléctrica que comprende un aparato de corte mecánico de un circuito eléctrico de alta tensión alterna, del tipo que comprende dos electrodos de los cuales un primero se somete a un potencial eléctrico alterno y de los cuales un segundo está aislado eléctricamente de cualquier fuente de tensión y de cualquier masa eléctrica, siendo los dos electrodos del aparato mecánico móviles el uno con respecto al otro según un movimiento de apertura controlado por un dispositivo de mando, entre una posición relativa de cierre eléctrico, en la que establecen una conexión eléctrica nominal del aparato, y al menos una posición relativa de apertura eléctrica en la que los dos electrodos están separados el uno del otro, caracterizada por que el dispositivo de mando está configurado para realizar un procedimiento de control que tiene una o varias de las características anteriores.

Según otras características opcionales de tal instalación, tomadas solas o en combinación:

- el dispositivo de control comprende un accionador para controlar el movimiento relativo de los electrodos, y un controlador que controla el accionador, siendo el controlador programado para realizar un procedimiento de control que tiene una o varias de las características anteriores.
- el dispositivo de control comprende un accionador para controlar el movimiento relativo de los electrodos por medio de un mecanismo de transmisión que une el accionador a al menos uno de los electrodos, estando el mecanismo de transmisión configurado para realizar un procedimiento de control que tiene una o varias de las características anteriores.

Otras diversas características destacan de la descripción realizada a continuación en referencia a los dibujos anexos que muestran, a título de ejemplos no limitativos, unas formas de realización del objeto de la invención.

La figura 1 ilustra de manera esquemática una instalación eléctrica según la invención que comprende un aparato de corte mecánico de circuito eléctrico, aquí ilustrado en posición relativa de cierre eléctrico de sus electrodos.

Las figuras 2 y 3 son unas vistas esquemáticas del aparato de corte mecánico de circuito eléctrico de la figura 1, ilustrado respectivamente en una posición intermedia y en posición relativa de apertura eléctrica de sus electrodos.

La figura 4 ilustra las variaciones a lo largo del tiempo del potencial eléctrico respectivo de los dos electrodos, medido con respecto a la tierra, de un aparato de corte mecánico de circuito eléctrico, durante un movimiento relativo de apertura a velocidad constante de los electrodos.

Las figuras 5A a 5D ilustran cuatro ejemplos de procedimiento de control de la apertura de un aparato de corte mecánico según la invención, ilustrando la variación a lo largo del tiempo de la separación E entre los dos electrodos del aparato.

La figura 6 es un diagrama que ilustra el desarrollo de un ejemplo de un procedimiento de control de la apertura de un aparato de corte mecánico según la invención.

Las figuras 7A a 7D ilustran un modo de realización de un aparato de corte mecánico de circuito eléctrico que comprende un mecanismo de transmisión que une un accionador a uno de los electrodos, estando el mecanismo de transmisión configurado para realizar un procedimiento conforme a la invención.

Se han ilustrado en las figuras 1 a 3 los principales elementos constitutivos de un aparato de corte mecánico de un circuito eléctrico de alta tensión, incluyendo de muy alta tensión alterna, representando tres posiciones relativas diferentes entre los electrodos del aparato de corte.

5 Tal aparato está destinado a abrir o cerrar un circuito eléctrico en el que son susceptibles de circular unas corrientes nominales alternas, es decir unas corrientes establecidas para las cuales el aparato está previsto para funcionar de manera continua sin daño, bajo una tensión superior a 1000 V en corriente alterna, incluso bajo muy alta tensión, es decir una tensión superior a 50 000 V en corriente alterna.

10 El aparato es un aparato de corte mecánico en la medida en la que la apertura del circuito eléctrico se obtiene mediante la distancia y la separación de dos piezas de contacto a fin de interrumpir la circulación de una corriente a través del aparato. Por supuesto, el cierre del circuito eléctrico se obtiene por el desplazamiento hasta la puesta en contacto de las dos piezas de contacto a fin de reestablecer una circulación de la corriente a través del aparato.

15 En el ejemplo de realización, el aparato mecánico de corte es un seccionador. En el ejemplo, el aparato de corte está previsto para cortar un único circuito eléctrico, por ejemplo una fase, pero la invención podría realizarse en un aparato previsto para cortar varios circuitos eléctricos, comprendiendo entonces, por ejemplo, dentro de un mismo recinto, varios dispositivos de corte en paralelo.

20 La invención se describirá más particularmente en el ámbito de un aparato de corte del tipo denominado "bajo envoltura metálica". El aparato 10 comprende así un recinto 12 que delimita un volumen interno 16 del recinto 12. Preferentemente, en configuración de funcionamiento del aparato, el recinto 12 es estanco con respecto al exterior del recinto 12. El recinto 12 puede comprender una o varias aberturas (no representadas) que permiten, al menos para unas operaciones de mantenimiento o de montaje, el acceso al volumen interno 16 desde el exterior del recinto, o que permite al volumen 16 ponerse en comunicación con otro volumen de otro recinto unido al recinto 25 12 alrededor de la abertura. Las aberturas están por lo tanto destinadas a obtenerse, por ejemplo por unas ventanillas o unas tapas, o están destinadas a poner en comunicación el volumen interno 16 del recinto 12 con otro recinto, a su vez estanco, poniendo en correspondencia estanca de la abertura con una abertura correspondiente del otro recinto. Gracias a esta estanqueidad, el volumen 16 del recinto 12 puede llenarse de un fluido aislante que puede estar separado del aire atmosférico. El fluido puede ser un gas o un líquido. La presión del fluido puede ser diferente de la presión atmosférica, por ejemplo una presión superior a 3 bares absolutos, o puede ser una presión muy baja, eventualmente próxima al vacío. El vacío sería, en el sentido de la invención, similar a un fluido aislante. El fluido aislante puede ser aire, especialmente aire seco, preferentemente a una presión superior a la presión atmosférica. Sin embargo, preferentemente, el fluido se selecciona por sus altas propiedades aislantes, teniendo por ejemplo una rigidez dieléctrica superior a la del aire seco en condiciones de 35 temperatura y de presión equivalentes.

De manera general, el aparato 10 comprende al menos dos electrodos que están destinados a conectarse eléctricamente respectivamente a una porción aguas arriba y una porción aguas abajo del circuito eléctrico a cortar. 40 Los dos electrodos son móviles el uno con respecto al otro según un movimiento de apertura, entre al menos una posición relativa de cierre eléctrico, ilustrada en la figura 1, en la que establecen una conexión eléctrica nominal del aparato, y que correspondería por lo tanto a un estado cerrado del aparato, y una posición relativa de apertura eléctrica, figura 3, que corresponde a un estado abierto del aparato. En el ejemplo ilustrado, el aparato 10 comprende especialmente un primer electrodo fijo 20 y un segundo electrodo 22 que comprende un cuerpo principal fijo y un elemento de conexión móvil 24. Se comprende que el elemento de conexión móvil podría pertenecer al primer electrodo 20, o que cada uno de los dos electrodos 20, 22 podría comprender un elemento de 45 conexión móvil.

En el ejemplo ilustrado, cada electrodo 20, 22 se fija al recinto 12 por medio de un soporte aislante 26. En el exterior del recinto 12, el aparato 10 comprende un borde de conexión 28, 30 que está conectado eléctricamente al electrodo 20, 22 correspondiente. Uno de los bordes está destinado a conectarse a una porción aguas arriba del circuito eléctrico mientras que el otro de los bornes está destinado a conectarse a una porción aguas abajo del circuito eléctrico. De manera arbitraria, y sin que tenga significado particular en cuanto a la polaridad o al sentido de circulación de la corriente, se calificará de porción aguas arriba del circuito eléctrico la porción que está 50 conectada al primer electrodo 20, por el borde de conexión 28. En consecuencia, la porción aguas abajo del circuito eléctrico es la porción conectada al segundo electrodo 22, por el borne de conexión 30.

En el ejemplo, cada electrodo 20, 22 está unido eléctricamente de manera permanente al borne de conexión 28, 30 asociado, sea cual sea el estado abierto o cerrado del aparato de corte.

60 Los cuerpos principales de los dos electrodos 20, 22 están dispuestos en el volumen interno 16 de manera fija, separados de la pared periférica del recinto 12, y separados el uno del otro de tal manera que un espacio de aislamiento eléctrico entre electrodos esté dispuesto según la dirección de un eje central A1, entre las porciones en frente de sus superficies periférica externas respectivas.

65 En el ejemplo ilustrado, el elemento de conexión móvil 24 del segundo electrodo del aparato puede comprender

un tubo deslizante, de eje A1, que está guiado en deslizamiento según el eje central A1, que será arbitrariamente calificado de longitudinal, en el segundo electrodo 22.

El elemento de conexión 24 es móvil según un movimiento de apertura con respecto al electrodo opuesto 20, entre una posición relativa de cierre eléctrico, visible en la figura 1 y en la que el elemento de conexión eléctrica 24 establece una conexión eléctrica nominal con dicho electrodo opuesto 20, y una posición relativa de apertura eléctrica, visible en la figura 3, pasando por unas posiciones relativas intermedias tales como la ilustrada en la figura 2. En el ejemplo ilustrado, el elemento de conexión móvil 24 está realizado preferentemente de un material conductor, por ejemplo de metal, y está conectado eléctricamente al cuerpo principal del segundo electrodo, por lo tanto conectado eléctricamente con el borne de conexión asociado 30 de manera permanente, sea cual sea la posición del elemento de conexión móvil 24.

En su posición relativa de cierre, el elemento de conexión 24 está desplazado longitudinalmente según el eje central A1 en dirección del primer electrodo 20, a través del espacio de aislamiento eléctrico entre electrodos. A continuación en el texto, se considera que la posición relativa de cierre es la posición de último contacto eléctrico entre los dos electrodos, en el sentido de la apertura del aparato de corte, para la cual una circulación de corriente eléctrica es posible por conducción a través de un contacto mecánico de los dos electrodos. En algunos aparatos, puede existir un recorrido muerto entre una posición extrema de cierre eléctrico y la posición de último contacto eléctrico entre los dos electrodos, en el sentido de la apertura del aparato de corte. Sin embargo, sólo se considera aquí esta posición de último contacto eléctrico. De manera conocida, el elemento de conexión 24 se desplaza desde la posición relativa de cierre hacia la posición relativa de apertura por un dispositivo de control 42 que, en este ejemplo de realización, comprende una biela 44 móvil según una dirección sustancialmente paralela al eje A1, y a su vez controlada por una palanca 46 rotativa.

El aparato de corte mecánico 10 está destinado a estar incluido en una instalación eléctrica 14 que comprende un circuito eléctrico de alta tensión alterna, del cual un ejemplo se ilustra en la figura 1.

En tal instalación, el primer electrodo 20 se conecta, por ejemplo, eléctricamente de manera respectiva a una porción aguas arriba del circuito eléctrico que comprende una fuente de tensión alterna 32 que puede ser una fuente primaria, tal como un generador de tensión alterna, o una fuente secundaria tal como un transformador o un convertidor. Entre la fuente de tensión alterna 32 y el aparato de corte 10, se pueden encontrar todo tipo de aparatos eléctricos, incluyendo unos aparatos de corte de circuito eléctrico. Sin embargo, se coloca en un estado de esta porción aguas arriba del circuito en la que el primer electrodo está se somete un potencial eléctrico alterno. En el caso ilustrado, el primer electrodo se somete a un potencial eléctrico alterno impuesto directamente o indirectamente por la fuente de tensión 32.

Al contrario, el otro electrodo, en este caso el segundo electrodo 22 es, al menos para algunas configuraciones de la instalación, aislado eléctricamente de cualquier fuente de tensión y de cualquier masa eléctrica. Como se ha explicado anteriormente, el segundo electrodo 22 está conectado a la parte aguas abajo del circuito eléctrico que puede, especialmente, comprender un aparato de corte 34, por ejemplo un disyuntor, que permite interrumpir la corriente entre el aparato de corte 10 y, por ejemplo, una red utilizadora de tensión 36. En la configuración en la cual el aparato de corte está en posición relativa de apertura y en la que el disyuntor 34 aguas abajo está abierto, el segundo electrodo 22 es por lo tanto a un potencial eléctrico flotante, ya que no está conectado eléctricamente ni a otra fuente de tensión ni a la masa eléctrica.

Con el objetivo de limitar el valor absoluto de la carga atrapada a nivel del segundo electrodo, la invención propone un nuevo procedimiento para guiar la apertura del aparato de corte mecánico 10.

Según unos ejemplos parcialmente ilustrados en las figuras 5A, 5B y 5C, el procedimiento puede comprender:

- a) una etapa inicial de apertura durante la cual un movimiento relativo de los dos electrodos 20, 22 se efectúa, desde la posición relativa de cierre, hasta una primera velocidad media máxima de separación medida durante al menos un intervalo de tiempo de apertura rápida cuya duración T_1 vale una vez el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo;
- b) al menos una etapa de estabilización, ulterior a la etapa inicial, durante la cual un movimiento relativo de los dos electrodos 20, 22 se efectúa a una velocidad media de separación de estabilización, determinada en un intervalo de tiempo de estabilización cuya duración T_2 vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que corresponde a unas separaciones de los dos electrodos comprendidas entre el 10% y el 90% de la separación final (E_f), e inferior a la primera velocidad media máxima de separación. Ventajosamente, la velocidad media de separación de estabilización puede ser inferior al 50% de la primera velocidad media máxima de separación.

La etapa inicial de apertura rápida permite obtener una separación evidente de los dos electrodos y permite disminuir la duración total del movimiento de apertura.

Como se verá según los ejemplos siguientes, una etapa de estabilización puede comprender una etapa durante la cual los dos electrodos 20, 22 siguen separándose el uno del otro según su movimiento relativo de apertura. Sin embargo, preferentemente, una etapa de estabilización comprende al menos una parada del movimiento relativo de los dos electrodos. Como se verá por ejemplo en el ámbito del ejemplo de la figura 5B, una etapa de estabilización puede consistir en una parada del movimiento relativo de los dos electrodos 20, 22.

Tal procedimiento se puede realizar con un control manual del movimiento relativo de apertura de los dos electrodos 20, 22 de un aparato de corte mecánico para un circuito eléctrico. Sin embargo, se preverá ventajosamente que este procedimiento esté automatizado en un aparato de corte mecánico.

Así, en un aparato de corte mecánico de un circuito eléctrico, el dispositivo de control 42 del movimiento relativo de los dos electrodos está configurado, por ejemplo, para realizar un procedimiento de control que tiene las características anteriores, y/o eventualmente una u otra de las características adicionales de los procedimientos que se describirán a continuación.

Por ejemplo, el dispositivo de control 42 puede comprender un accionador 48, por ejemplo un motor eléctrico, un motor neumático o un motor de acumulación de energía, capaz de accionar el movimiento relativo de los dos electrodos 20, 22 eventualmente por medio de un mecanismo de transmisión. En el ejemplo ilustrado, el mecanismo de transmisión comprende la biela 44 y la palanca 46. El mecanismo de transmisión une el accionador 48 a al menos uno de los electrodos para controlar el movimiento del electrodo. En este caso, el mecanismo de transmisión 44, 46 provoca el desplazamiento del elemento de conexión móvil 24, sin provocar movimiento de los cuerpos principales del primer y del segundo electrodo. El dispositivo de control 42 comprende un controlador que controla el accionador 48, por ejemplo en forma de una unidad electrónica de control y de mando 52. La unidad electrónica de control y de mando 52 se puede realizar en forma de varios componentes separados que comunican entre sí.

La unidad electrónica de control y de mando 52 puede, por ejemplo, estar configurada para poder controlar el dispositivo de mando 42, especialmente el accionador 48, para controlar el movimiento relativo de los dos electrodos, especialmente en función de un intervalo de tiempo entre dos arcos eléctricos, durante un movimiento de apertura de los dos electrodos. Especialmente, la unidad electrónica de control y de mando 52 puede, por ejemplo, programarse para controlar el accionador de manera que la velocidad del accionador 48 siga las etapas anteriores, y eventualmente una u otras de las etapas descritas a continuación.

En una variante, o en complemento, se puede prever que el dispositivo de mando comprenda un accionador para controlar el movimiento del electrodo por medio de un mecanismo de transmisión que une el accionador a al menos uno de los electrodos, estando el mecanismo de transmisión configurado para que, por ejemplo para una velocidad constante del accionador, uno al menos de los electrodos esté controlado por el mecanismo de transmisión y siga las etapas anteriores, y eventualmente una u otras de las etapas descritas a continuación. Un ejemplo de tal modo de realización se describirá más en detalle a continuación.

Refiriéndose más particularmente a las figuras 5A a 5D, en las que se han ilustrado varias variantes del movimiento relativo de los dos electrodos 20, 22 en función del tiempo durante una maniobra de apertura del aparato de corte 10, se comprende que los dos electrodos 20, 22 pasan, durante este movimiento de apertura, de la posición relativa de cierre eléctrico en la que una separación E entre los dos electrodos es nula, a la posición relativa de apertura eléctrica en la que la separación E_f es máxima. Esta maniobra se desarrolla entre los instantes t_0 y t_f que corresponden respectivamente al instante en el que los dos electrodos 20, 22 pierden el contacto físico que permite la circulación de la corriente por conducción, y al instante en el que dos electrodos 20, 22 alcanzan su posición relativa final de apertura.

La separación E a un instante dado se puede determinar como siendo la más corta distancia que separa los dos electrodos 20, 22 en el fluido aislante que rodea los electrodos en el interior del recinto 12. En el ejemplo ilustrado, la separación entre los dos electrodos 20, 22 corresponde, siempre que el tubo 24 sobresalga, del lado del primer electrodo 20, con respecto al cuerpo principal del segundo electrodo 22, a la separación entre el primer electrodo 20 y el tubo 24. Por supuesto, cuando el tubo se recibe en el interior del cuerpo principal del segundo electrodo 22, la separación entre los dos electrodos 20, 22 corresponde a la separación entre el primer electrodo 20 y el cuerpo principal del segundo electrodo 22, y sigue constante, incluso si el movimiento de separación del tubo 24 continúa.

La separación corresponde por lo tanto a la distancia mínima a recorrer para un arco eléctrico entre los dos electrodos 20, 22.

En el ejemplo ilustrado, el movimiento de separación de los dos electrodos es un movimiento rectilíneo según un eje, y la separación corresponde a la distancia más corta entre los dos electrodos medida según este eje.

Cabe señalar que la velocidad instantánea de separación de los dos electrodos 20, 22 corresponde a la derivada con respecto al tiempo de la separación entre los dos electrodos. La velocidad instantánea de separación puede

ser por lo tanto diferente de la velocidad del movimiento de uno de los dos electrodos 20, 22, por ejemplo en el caso en el que el movimiento relativo de separación no es rectilíneo.

5 En los ejemplos de realización ilustrados en las figuras 5A a 5D, el movimiento relativo de apertura de los electrodos 20, 22 puede descomponerse en al menos dos etapas.

Una etapa inicial de apertura, rápida, que empieza en el instante t_0 y dura hasta un instante de final, por ejemplo identificado por el instante t_{a1} en los ejemplos de las figuras 5A a 5C. Durante esta etapa inicial, los dos electrodos 20, 22 se separan progresivamente.

10 Durante la etapa inicial, el movimiento relativo de los dos electrodos es preferentemente continuo, sin parada, para limitar la duración de esta etapa. La velocidad instantánea de separación de los dos electrodos durante la etapa inicial puede ser constante, como se ilustra en las figuras 5A a 5C, o puede ser variable durante la etapa como se ilustra en la figura 5D.

15 Si, durante esta etapa inicial de apertura rápida, la velocidad de separación es constante, o considerada como tal, como se ilustra en las figuras 5A a 5C, los dos electrodos 20, 22 se separan progresivamente hasta un valor de separación E_{a1} , que corresponde a una posición relativa intermedia de los dos electrodos, a una primera velocidad media de separación $V1$. La primera velocidad media de separación puede, en este caso de velocidad constante, calcularse, por ejemplo, como el valor $V1 = E_{a1} / (t_{a1} - t_0)$.

20 La etapa inicial está seguida por al menos una etapa de estabilización, pero a veces varias, ulterior(es) a la etapa inicial, durante la cual un movimiento relativo de dos electrodos se efectúa a una segunda velocidad media de separación inferior a la primera velocidad media de separación.

25 En los ejemplos de las figuras 5A a 5C, la etapa de estabilización es una etapa durante la cual la velocidad de separación es constante y tarda desde un instante de principio t_{a1} , que corresponde en este ejemplo al instante de final de la etapa inicial de apertura, hasta un instante de final t_{b1} en el que los dos electrodos 20, 22 ocupan una posición relativa en la que su separación alcanza un segundo valor E_{b1} . Durante esta etapa de estabilización, el movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una velocidad media de separación $V2$ inferior a la primera velocidad media de separación $V1$. La segunda velocidad media de separación $V2$ puede calcularse, por ejemplo, como siendo el valor $V2 = (E_{b1} - E_{a1}) / (t_{b1} - t_{a1})$.

30 Durante la etapa de estabilización, la velocidad instantánea de separación de los dos electrodos puede ser constante, como se ilustra en las figuras 5A a 5C, o puede ser variable durante la etapa, como se ilustra en la figura 5D. Cabe señalar que, durante la etapa de estabilización, los dos electrodos 20, 22 pueden estar inmóviles el uno con respecto al otro, lo que corresponde a una velocidad media de separación $V2$ nula, lo que se ilustra en la figura 5B.

35 En algunos casos, para los cuales la velocidad media de separación $V2$ del movimiento relativo durante la etapa de estabilización no es nula, se puede prever que la etapa de estabilización se prolongue hasta que los dos electrodos 20, 22 alcancen su posición relativa de apertura, en la que presentan la separación máxima E_f .

40 Sin embargo, especialmente en los ejemplos ilustrados en la figura 5A y en la figura 5B, el procedimiento comprende, después de la etapa de estabilización, al menos una etapa de búsqueda rápida de apertura, que empieza por lo tanto en los ejemplos en el instante t_{b1} de final de la etapa de estabilización, durante la cual un movimiento relativo de los dos electrodos 20, 22 se efectúa a una tercera velocidad media de separación $V3$ superior a la segunda velocidad media de separación $V2$ durante la fase de estabilización. Esta etapa de búsqueda de apertura puede prolongarse hasta que los dos electrodos alcancen su posición relativa de apertura, en la que presentan la separación máxima E_f . En este caso, ilustrado especialmente en la figura 5A y en la figura 5B, la tercera velocidad media de separación $V3$ puede calcularse, por ejemplo, como el valor $V3 = (E_f - E_{b1}) / (t_f - t_{b1})$. Cabe señalar que la tercera velocidad media de separación $V3$ puede también ser superior o inferior a la primera velocidad media de separación $V1$ durante la etapa inicial de apertura.

45 Sin embargo, el procedimiento puede comprender, como se ilustra en la Figura 5C, después de una etapa de búsqueda de apertura tal como se ha descrito anteriormente, una etapa de estabilización secundaria durante la cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una cuarta velocidad media de separación $V4$. En el ejemplo ilustrado, la etapa de estabilización secundaria tarda desde un instante de principio t_{a2} , hasta un instante de final t_{b2} . En este caso, la cuarta velocidad media de separación $V4$ se puede calcular por ejemplo como siendo el valor $V4 = (E_{b2} - E_{a2}) / (t_{b2} - t_{a2})$.

50 La cuarta velocidad media de separación $V4$ es inferior a la tercera velocidad media de separación $V3$ durante la etapa de búsqueda de apertura descrita anteriormente, que la precede inmediatamente. Por supuesto, la tercera velocidad media de separación $V3$ se puede calcular por ejemplo como siendo el valor $V3 = (E_{a2} - E_{b1}) / (t_{a2} - t_{b1})$.

65

La cuarta velocidad media de separación V4, puede ser igual, inferior o superior a la segunda velocidad media V2 de separación durante la primera fase de estabilización descrita anteriormente.

5 La cuarta velocidad media de separación V4, es preferentemente inferior a la primera velocidad media de separación V1 durante la etapa inicial de apertura descrita anteriormente.

La cuarta velocidad media de separación V4, puede ser constante, como se ha ilustrado, o variable o nula durante la etapa de estabilización secundaria.

10 Cabe señalar que esta etapa de estabilización secundaria, si no está constituida exclusivamente de una parada del movimiento relativo de los dos electrodos 20, 22, podría continuar hasta que los dos electrodos alcancen su position relativa de apertura eléctrica. Sin embargo, en el ejemplo ilustrado a la Figura 5C, el procedimiento comprende una etapa de apertura final durante la cual los electrodos 20, 22 alcanzan su position relativa final de apertura. Esta etapa de apertura final puede llevarse a cabo a una velocidad media de separación superior a la de la primera fase de estabilización y/o superior a la de la fase de estabilización secundaria.

15 Por supuesto, es posible multiplicar las etapas de estabilización secundarias, estando dos etapas de estabilización secundarias separadas por una etapa de búsqueda de apertura durante la cual la velocidad media de separación de los dos electrodos es superior a la velocidad media de separación de los dos electrodos durante las etapas de estabilización inmediatamente anterior e inmediatamente posterior.

20 En los ejemplos ilustrados en las Figuras 5A a 5C, las velocidades de separación se consideran como constantes durante las diferentes etapas. Más particularmente, el paso de una etapa a la otra es fácilmente identificable por el hecho de que la variación de velocidad de separación relativa de los dos electrodos es entonces brusca durante la transición de una etapa a la otra, la curva de variación de la separación de los dos electrodos en función del tiempo que presenta una ruptura neta, indicativa de una discontinuidad en su función derivada representativa de la velocidad de separación.

25 En el ejemplo ilustrado a la Figura 5D, las velocidades de separación del movimiento relativo de los dos electrodos durante las diferentes etapas no son constantes. Por otro lado, el paso de una etapa a la otra se efectúa sin transición brusca, con una aceleración o una deceleración progresiva. En tal caso, se puede no obstante determinar una velocidad media de separación durante una etapa de estabilización según el método siguiente.

30 Una etapa de estabilización es una etapa que comprende al menos un intervalo de tiempo de estabilización cuya duración vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que corresponde a separaciones de los dos electrodos comprendidas entre el 10% y el 90% de la separación final E_f , durante la cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una velocidad media de separación de estabilización V2 inferior a 0.03 metros por segundo durante dicho intervalo de tiempo de estabilización. En el sentido de la invención, se comprende que el principio y el final exacto de una etapa de estabilización no están necesariamente determinados perfectamente, sino que la existencia de tal etapa se determina por existencia de al menos un intervalo de tiempo de estabilización tal como se ha definido anteriormente. En última instancia, una etapa de estabilización consiste en un único intervalo de tiempo de estabilización tal como se ha definido anteriormente.

35 En el ejemplo ilustrado en la Figura 5D, se han ilustrado dos intervalos de tiempo de estabilización que responden a esta definición, y que pertenecen ambos a una misma etapa de estabilización. Se comprenderá que, en los casos en los que una etapa de estabilización presenta una duración superior a 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo, es en realidad posible definir, durante la etapa de estabilización, una pluralidad, incluso una infinidad de tales intervalos de tiempo de estabilización sucesivos o que se superponen parcialmente.

40 Se ilustra uno primero de estos intervalos de tiempo de estabilización, que empieza en el instante t_{2i} y se termina en el instante t_{2f} , corresponde respectivamente a separaciones E_{2i} y E_{2f} de los dos electrodos. Posee una duración T2, por ejemplo igual a 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo. La velocidad media de separación de los dos electrodos durante de este primer intervalo de tiempo de estabilización es por lo tanto $V_{21} = (E_{2f} - E_{2i}) / (t_{2f} - t_{2i}) = (E_{2f} - E_{2i}) / T2$.

45 Se define por otro lado una velocidad media de separación de estabilización mínima V2min. Para ello, se define y se ilustra un segundo de estos intervalos de tiempo de estabilización que empieza en el instante t_{2imin} y termina en el instante t_{2fmin} , que corresponde respectivamente a separaciones E_{2imin} y E_{2fmin} de los dos electrodos. Posee una duración T2, fijada a 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo. Los instantes t_{2imin} y t_{2fmin} se seleccionan a igualdad de tiempo a ambos lados de un instante t_{2imin} para el cual la velocidad instantánea del movimiento de separación de los dos electrodos alcanza un mínimo local. El mínimo local corresponde al instante en el que la aceleración de la separación se anula pasando de un valor negativo a un valor positivo. La velocidad media de separación de los dos electrodos durante este intervalo de tiempo de estabilización es por lo tanto $V_{2min} = (E_{2fmin} - E_{2imin}) / (t_{2fmin} - t_{2imin}) = (E_{2fmin} - E_{2imin}) / T2$. Este segundo intervalo de tiempo es aquí aquel

para el cual la velocidad media de separación de estabilización V_{2min} se considera mínima. La velocidad media de separación de estabilización mínima V_{2min} es inferior a 0.03 m/s.

En el ejemplo ilustrado en la Figura 5D, se puede definir una etapa de apertura anterior a la fase de estabilización, y una etapa de búsqueda de apertura posterior a la fase de estabilización, como siendo unas etapas durante las cuales la velocidad del movimiento relativo de separación de los dos electrodos pasa por un máximo local, respectivamente en unos instantes t_{1max} y t_{3max} . El máximo local corresponde al instante en el que la aceleración de la separación se anula pasando de un valor positivo a un valor negativo. El instante t_{1max} es anterior al instante del mínimo local t_{2min} de la etapa de estabilización. El instante t_{3max} es posterior al instante del mínimo local t_{2min} de la etapa de estabilización.

La etapa inicial de apertura comprende al menos un intervalo de tiempo de apertura rápida cuya duración $T1$ vale al menos 1 vez el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo, por ejemplo 1 vez el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo, y durante el cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una primera velocidad media de separación $V1$ superior a 0.05 metro por segundo, preferentemente superior a 0.1 metro por segundo

Se define por otro lado una velocidad media de separación de estabilización mínima $V1max$. Para ello, se puede determinar un intervalo de tiempo de apertura rápida cuya duración $T1$ vale 1 vez el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo, seleccionando unos instantes t_{1imax} y t_{1fmax} a igualdad de tiempo a ambos lados del instante t_{1max} para el cual la velocidad instantánea del movimiento de separación de los dos electrodos alcanza un máximo local durante la etapa de apertura inicial anterior a la etapa de estabilización. E_{1imax} y E_{1fmax} son los valores correspondientes de la separación de los dos electrodos. Una primera velocidad media de separación $V1$, en este caso la primera velocidad media de separación máxima $V1max$, durante este intervalo de tiempo de apertura rápida, puede calcularse muy simplemente según la fórmula $V1max = (E_{1fmax} - E_{1imax}) / (t_{1fmax} - t_{1imax}) = (E_{1fmax} - E_{1imax}) / T1$.

Preferentemente, la primera velocidad media de separación máxima $V1max$ es superior a 0.05 m/s, más preferiblemente superior a 0.1 m/s.

Una etapa de búsqueda de apertura comprende al menos un intervalo de tiempo de búsqueda de apertura cuya duración vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y durante el cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una velocidad media de separación $V3$ superior a la velocidad media de separación de estabilización mínima V_{2min} , preferentemente superior a 0.03 m/s, más preferiblemente superior a 0.05 m/s.

Por otro lado, se define una velocidad media de separación de estabilización mínima $V3max$. Para ello, se puede determinar un intervalo de tiempo de búsqueda de apertura cuya duración $T3$ vale 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo seleccionando unos instantes t_{3imax} y t_{3fmax} a igualdad de tiempo a ambos lados del instante t_{3max} para el cual la velocidad instantánea del movimiento de separación de los dos electrodos alcanza un máximo local durante la etapa de búsqueda de apertura posterior a la etapa de estabilización. E_{3imax} y E_{3fmax} son los valores correspondientes de la separación de los dos electrodos. La tercera velocidad media de separación máxima $V3max$, durante este intervalo de tiempo de búsqueda de apertura, puede calcularse muy simplemente según la fórmula $V3max = (E_{3fmax} - E_{3imax}) / (t_{3fmax} - t_{3imax}) = (E_{3fmax} - E_{3imax}) / T3$.

Preferentemente, la velocidad media de separación máxima $V3max$ durante este intervalo de tiempo de búsqueda de apertura es superior a 0.03 metro por segundo, preferentemente superior a 0.05 metro por segundo, más preferiblemente superior a 0.1 metro por segundo.

Preferentemente, la velocidad media mínima de separación de estabilización V_{2min} , durante el intervalo de tiempo de estabilización cuya duración $T2$ vale 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que se centra en el instante t_{2min} para el cual la velocidad instantánea del movimiento de separación de los dos electrodos alcanza un mínimo local, es inferior a 0,5 veces la primera velocidad media de separación máxima $V1max$ durante el intervalo de tiempo de apertura rápida, cuya duración $T1$ vale 1 vez el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que está centrado en el instante t_{1max} para el cual la velocidad instantánea del movimiento de separación de los dos electrodos alcanza un máximo local durante la etapa de apertura inicial anterior a la etapa de estabilización.

Asimismo, preferentemente, la velocidad media mínima de separación de estabilización V_{2min} , durante el intervalo de tiempo de estabilización cuya duración $T2$ vale 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que está centrado en el instante t_{2min} para el cual la velocidad instantánea del movimiento de separación de los dos electrodos alcanza un mínimo local, es inferior a 0.5 veces la tercera velocidad media de separación máxima $V3max$ durante el intervalo de tiempo de búsqueda de apertura, cuya duración $T3$ vale 1 vez el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que está centrado en el instante t_{3max} para el cual la velocidad instantánea del movimiento de separación de los dos electrodos alcanza un máximo local durante la etapa de búsqueda de apertura posterior a la etapa de estabilización.

En los casos en los que el procedimiento no presenta etapa de búsqueda rápida de apertura, la curva de separación no presenta punto de máximo local de la velocidad de separación posterior al punto de mínimo local de la velocidad del movimiento de separación. En este caso, se puede considerar que la etapa de estabilización se termina para la posición relativa de apertura que corresponde a la separación máxima de los dos electrodos.

Se puede realizar un método similar para el cálculo de la velocidad media de separación para la o las fases de estabilización secundaria, si es necesario.

Se observa que el método desarrollado antes para determinar las velocidades pertinentes en el caso general ilustrado en la Figura 5D es válido para los ejemplos de las Figuras 5A a 5C en las que las velocidades son constantes durante cada una de las etapas.

De manera general, puede considerarse una etapa de estabilización como un periodo continuo que abarca todos los intervalos de tiempo de estabilización contiguos o que se solapan, cuya duración (T_2) vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que corresponde a separaciones de los dos electrodos comprendidas entre el 10% y el 90% de la separación final (E_f), durante la cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una velocidad media de separación de estabilización V_2 inferior a 0.03 metro por segundo.

Como se comprende de lo anterior, una etapa de estabilización empieza por una posición relativa de los dos electrodos intermedios E_{a1} entre la posición relativa de cierre de los dos electrodos, que es su posición de último contacto físico, y la posición relativa final de apertura, que es su posición de separación máxima E_f . Como se ha visto anteriormente, para el caso de una etapa de estabilización a velocidad constante, el inicio de la etapa de estabilización es fácilmente identificable. En el caso más general, el inicio de la etapa de estabilización es el inicio del periodo continuo que abarca todos los intervalos de tiempo de estabilización contiguos o que se superponen como se ha indicado antes. En el caso más general, el final de la etapa de estabilización es el final del periodo continuo que abarca todos los intervalos de tiempo de estabilización contiguos o que se superponen como se ha indicado antes. Una etapa de estabilización presenta, entre su principio y su fin así definido, una duración igual a al menos 5 veces, alternativamente al menos 10 veces, más alternativamente al menos 20 veces el periodo de alternancia del potencial eléctrico al cual se somete el primer electrodo 20.

En los ejemplos ilustrados, la etapa de estabilización empieza por una posición de separación E_{a1} de los dos electrodos que es distinta de la posición relativa de cierre y de la posición relativa final de apertura de los dos electrodos.

En algunas variantes de realización, puede iniciarse una etapa de estabilización para corresponder con unas posiciones relativas predeterminadas de los dos electrodos 20, 22, 24. En este caso, la posición relativa intermedia E_{a1} de los dos electrodos para la cual empieza una etapa de estabilización es una posición relativa predeterminada.

Por el contrario, en otras variantes de realización, puede iniciarse una etapa de estabilización en función de al menos un parámetro de funcionamiento del aparato. Tal parámetro de funcionamiento puede comprender por ejemplo unos parámetros geométricos constitutivos del aparato, y/o unos parámetros relacionados con la naturaleza y/o a la presión del gas circundante en la envoltura 12, y/o unos parámetros característicos del o de los potenciales eléctricos a los que el aparato está sometido, y/o unos perfiles de velocidad de separación de los dos electrodos. En este caso, la posición relativa intermedia E_{a1} de los dos electrodos para la cual empieza una etapa de estabilización es una posición relativa que se determina en función de al menos este parámetro de funcionamiento del aparato. Puede iniciarse así la etapa de estabilización, por ejemplo, en función de la tensión de cebado, es decir la tensión entre los dos electrodos en el momento del inicio de un arco eléctrico entre los dos electrodos 20, 22, 24. Alternativamente, puede iniciarse la etapa de estabilización, por ejemplo, al menos en función de la duración de un intervalo de tiempo entre dos arcos eléctricos entre el primer y el segundo electrodo durante el movimiento de apertura.

En efecto, en algunos modos de realización de la invención, durante la etapa inicial de apertura y/o durante una etapa de búsqueda de la apertura, se puede detectar un intervalo de tiempo entre dos arcos eléctricos sucesivos entre el primer y el segundo electrodo, y se puede entonces comparar la duración del intervalo de tiempo detectado con respecto a un valor de referencia por encima del cual se inicia una etapa de estabilización.

Para ello, se puede prever que el aparato de corte esté provisto de un sensor 50 capaz de detectar la presencia de un arco eléctrico entre los dos electrodos, más particularmente entre el elemento móvil 24 y el electrodo opuesto 20. Este sensor 50 puede, por ejemplo, comprender un sensor óptico que observa el espacio entre los dos electrodos, un sensor eléctrico en el circuito eléctrico, preferentemente cerca del aparato de corte 10, o un sensor electromagnético sensible a los campos electromagnéticos en el recinto 12 generados por las sobretensiones que intervienen durante unos inicios de arcos eléctricos. El sensor 50 puede también comprender una asociación de sensores. Este sensor 50 está, por ejemplo, unido a una unidad electrónica de control que es capaz de determinar un intervalo de tiempo entre dos arcos eléctricos en función de las señales enviadas por el sensor 50.

En el ejemplo ilustrado, la unidad electrónica de control y de mando 52 del dispositivo de mando 42 es capaz, además del control y del mando del accionador 48, recibir las señales del sensor 50 y determinar un intervalo de tiempo entre dos arcos eléctricos sucesivos entre los dos electrodos.

5 Con tal disposición, la unidad electrónica de control y de mando 52 puede programarse para realizar un procedimiento de control de apertura del aparato de corte mecánico 10, cuyas principales etapas se ilustran en la Figura 6.

10 Durante una primera etapa 100, el procedimiento puede comprender una etapa inicial «INICIAR APERTURA V1» durante la cual la unidad electrónica de control y de mando 52 inicia la apertura del aparato controlando el motor 48 de manera que provoca, por medio del mecanismo de transmisión 44, 46, un movimiento relativo rápido de los dos electrodos, desde la posición relativa de cierre. El perfil de velocidad de este movimiento puede ser, entre otros, uno u otro de los ilustrados en las Figuras 5A a 5D, por ejemplo un perfil de velocidad constante a la primera velocidad media de separación V1, como en las Figuras 5A a 5C, o un perfil de velocidad variable como en la Figura 5D.

20 Mientras esta etapa inicial 100 sigue desarrollándose, la unidad de control y de mando 52 puede iniciar una etapa 200 de detección de un intervalo de tiempo Δt_{50} entre dos arcos eléctricos entre el primer y el segundo electrodo. Esta etapa puede comprender la recepción de las señales relativas a la presencia de un arco eléctrico entre el elemento móvil 24 y el electrodo opuesto 20, debido a la apertura del aparato, proporcionadas por el sensor 50. La unidad de control y de mando 52 puede entonces deducir de ello un intervalo de tiempo Δt_{50} entre dos arcos sucesivos detectados por el sensor 50. Esta determinación del intervalo de tiempo Δt_{50} puede iniciarse a partir del principio de la etapa inicial 100, o un poco después, por ejemplo después de la expiración de un plazo de temporización, o más allá de un valor umbral de la separación de los dos electrodos.

30 Cuando la etapa de detección 200 permite determinar unos intervalos de tiempo sucesivos entre dos arcos sucesivos, la unidad de control y de mando 52 puede, en una etapa de comparación 300, comparar estos intervalos de tiempo Δt_{50} , medidos gracias al sensor 50, con un intervalo de tiempo de referencia Δt_{ref} . Este intervalo de tiempo de referencia Δt_{ref} puede ser un valor almacenado en la unidad de control y de mando 52. Puede ser un valor seleccionado en una tabla en función de parámetros de funcionamiento del aparato de corte 10. Alternativamente, el valor de referencia Δt_{ref} puede ser un valor calculado en función de uno o varios parámetros de funcionamiento del aparato de corte 10 o de la instalación.

35 Si la etapa de comparación 300 determina que la duración del intervalo de tiempo medido Δt_{50} se vuelve superior al valor de referencia Δt_{ref} , la unidad de control y de mando 52 puede iniciar una etapa de estabilización 400, «INICIAR ESTAB V2», ulterior a la etapa inicial, durante la cual se efectúa un movimiento relativo de los dos electrodos según un perfil de velocidad en el que la velocidad se reduce. El perfil de velocidad de este movimiento puede ser, entre otros, uno u otro de los ilustrados en las Figuras 5A a 5D, por ejemplo un perfil de velocidad constante a una velocidad media de separación de estabilización V2 inferior a una primera velocidad constante de separación V1, como en las Figuras 5A a 5C, o un perfil de velocidad variable como en la Figura 5D. La unidad de control y de mando 52 modifica entonces los controles enviados al motor 48 para ralentizar la velocidad del movimiento de separación de los dos electrodos.

45 Puede predeterminarse la duración de la etapa de estabilización, por ejemplo por una duración predeterminada en tiempo o por un valor umbral de la separación de los dos electrodos. Esta duración puede, alternativamente, determinarse en función de uno o varios parámetros de funcionamiento del aparato de corte, por ejemplo unos parámetros geométricos constitutivos del aparato o unos parámetros característicos del o de los potenciales eléctricos a los que se somete el aparato, especialmente en forma de selección de valores en una tabla o en forma de cálculo en función de estos parámetros.

55 En este ejemplo de realización, se prevé, por otro lado, después de la etapa de estabilización, al menos una etapa de búsqueda de la apertura 500, «INICIAR APERTURA V3» durante la cual un movimiento relativo de los dos electrodos se efectúa a una velocidad media de separación superior a la segunda velocidad media de separación.

La etapa de búsqueda de apertura 500 podría seguir incondicionalmente hasta que los dos electrodos hayan alcanzado su posición relativa de apertura eléctrica en la que alcanzan su separación final, iniciando entonces una etapa de parada 700 «DETENER» del dispositivo de mando 42.

60 Sin embargo, en el modo de realización ilustrado, está previsto, durante la etapa de búsqueda de apertura 500 efectuar una etapa de control 600, «TEST», durante la cual las señales suministradas por el sensor 50 se utilizan para detectar la eventual aparición de un arco eléctrico entre los dos electrodos.

65 Si se detecta tal arco, el procedimiento puede ventajosamente prever iniciar directamente una etapa de estabilización secundaria reenviando el procedimiento directamente a la etapa de estabilización 400 descrita anteriormente, o bien reenviar el procedimiento a la etapa de comparación 300 descrita anteriormente. Así, el inicio

de una etapa de estabilización secundaria se determina al menos en función de la detección de un arco eléctrico entre el primer y el segundo electrodo durante de una etapa de búsqueda de apertura.

5 En todos los casos, cuando los dos electrodos alcancen su separación final, el procedimiento inicia una etapa de parada 700 del dispositivo de mando 42.

Por supuesto, pueden considerarse otras variantes del procedimiento, según especialmente los procedimientos descritos en relación con las Figura 5A a 5D.

10 También se puede determinar el final de la etapa de estabilización, por ejemplo, en función de la detección de la presencia de un arco eléctrico entre los dos electrodos, pudiendo esta detección efectuarse mediante el sensor 50. Por ejemplo, se puede prever que la etapa de estabilización se termine después del paso de un lapso de tiempo predeterminado según un último arco eléctrico detectado entre los dos electrodos 20, 22, 24. Se puede por lo tanto, después del paso de este lapso de tiempo, iniciar una etapa de búsqueda de apertura.

15 Preferentemente, el posicionamiento de una etapa de estabilización en el proceso, por ejemplo, definido por los instantes de principio t_{a1} , t_{a2} y de final t_{b1} , t_{b2} de una etapa de estabilización, especialmente de la primera etapa de estabilización, se predeterminan, seleccionan o calculan de tal manera que, durante la etapa de estabilización, los electrodos 20, 22 ocupan al menos una posición relativa del último arco para la cual:

- Existe un valor de potencial eléctrico del primer electrodo que crea, para esta posición, y para un valor anterior de potencial del segundo electrodo, un arco eléctrico entre los dos electrodos, y
- El arco eléctrico lleva el segundo electrodo a un potencial final para el cual la diferencia de potencial eléctrico entre el primer electrodo y el segundo electrodo es inferior a la resistencia dieléctrica mínima entre los electrodos para dicha posición.

20 La resistencia dieléctrica mínima entre los electrodos para dicha posición corresponde a la tensión entre los dos electrodos que provocaría, para dicha posición, el inicio de un arco eléctrico entre los dos electrodos 20, 22, 24. Puede determinarse, para una instalación, por una campaña de ensayos.

Si no se encuentra tal posición, es posible que al menos sea necesaria una etapa de estabilización secundaria hasta obtener este efecto.

35 En otras palabras, esta posición es una posición para la cual, teniendo en cuenta unos parámetros de funcionamiento del aparato de corte en la instalación, la diferencia de potencial entre el primer y el segundo electrodo va, después eventualmente de varios cambios de valores que se deben a unos arcos eléctricos sucesivos provocados por las variaciones alternativas del potencial del primer electrodo, a alcanzar un valor final más allá del cual el potencial del segundo electrodo no variará más durante el curso del movimiento relativo de apertura de los dos electrodos hasta que alcancen su posición relativa de apertura eléctrica. Gracias a la invención, se obtiene la estabilización del potencial del electrodo en el potencial flotante para el potencial más próximo posible del potencial mínimo que puede existir, el cual depende de los parámetros constitutivos del seccionador.

45 De manera general, los instantes de inicio y de finalización de la etapa de estabilización, y la separación de los dos electrodos a los que corresponden estos dos instantes, se seleccionan para que, durante una etapa de estabilización, los electrodos ocupen al menos una posición relativa para la cual el valor de separación de los electrodos está comprendido entre el 10% y el 90% del valor de separación de los electrodos en la posición final de apertura.

50 Unas simulaciones y unos ensayos han mostrado que, para ciertas configuraciones, se obtienen resultados satisfactorios si, durante la etapa de estabilización, los electrodos ocupan al menos una posición relativa para la cual el valor de separación de los electrodos está comprendido entre el 10% y el 50%, más preferiblemente entre el 10% y el 30% del valor de separación de los electrodos en una posición final de apertura. Para otras configuraciones, se obtienen unos resultados satisfactorios si, durante la etapa de estabilización, los electrodos ocupan al menos una posición relativa para la cual el valor de separación de los electrodos está comprendido entre el 40% y el 90%, más preferiblemente entre el 60% y el 90% del valor de separación

60 Preferentemente, una etapa de estabilización presenta una duración igual a al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial eléctrico alterno al cual se somete el primer electrodo, en este caso el periodo de alternancia de la tensión de la fuente de tensión, preferentemente al menos 15 veces el periodo de alternancia del potencial eléctrico alterno al cual se somete el primer electrodo, a fin de aumentar la probabilidad de que aparezca el último arco eléctrico durante la etapa de estabilización.

65 Unas simulaciones y unos ensayos han mostrado que una etapa de estabilización puede presentar una duración inferior a 75 veces el periodo de alternancia del potencial eléctrico alterno al cual se somete el primer electrodo,

preferentemente inferior a 50 veces el periodo de alternancia del potencial eléctrico alterno al cual se somete el primer electrodo. Limitando así la duración de una fase de estabilización, se disminuye el tiempo total del movimiento de apertura del aparato de corte entre la posición relativa de cierre eléctrico y la posición relativa de apertura eléctrica de los dos electrodos. No obstante, incluso observando este límite de duración, se constata generalmente que el último arco eléctrico se alcanza durante la etapa de estabilización.

Unas simulaciones y unos ensayos han mostrado que la segunda velocidad media de separación puede seleccionarse de tal manera que la velocidad de incremento de la resistencia dieléctrica máxima del aparato, generada por el aumento del valor de separación, crece a una velocidad inferior a 1.0 pu/s, preferentemente inferior a 0.5 pu/s, en la que 1 pu es el valor del valor máximo del potencial eléctrico alterno al cual se somete el primer electrodo, en este caso el valor del valor máximo de la tensión de la fuente de tensión.

Adoptando las recomendaciones anteriores para la posición de la etapa de estabilización, para su duración y para la velocidad de incremento máximo de la resistencia dieléctrica máxima del aparato, unas simulaciones han mostrado que el potencial eléctrico del segundo electrodo cuando los dos electrodos alcanzan su posición relativa final de apertura es inferior a 0.5 pu.

Las Figura 7A a 7D ilustran un modo de realización de un aparato de corte mecánico de circuito eléctrico que es idéntico al descrito anteriormente en referencia a las Figura 1 a 3, pero en el que el mecanismo de transmisión 44, 46 que conecta el accionador 48 con al menos uno de los electrodos, en este caso al tubo 24 del segundo electrodo 22, está configurado para realizar un ejemplo de realización de un procedimiento según la invención, de manera totalmente mecánica.

Este mecanismo comprende de manera similar una palanca 46 que se acciona en rotación por el accionador 48 alrededor de un eje A2 perpendicular al eje A1 del movimiento de los electrodos. En el extremo de la palanca 46 que está opuesta al eje de rotación A2, la biela 44 está articulada sobre la palanca 46 alrededor de un eje A3 paralelo al eje A2 mediante una varilla de articulación 54 de eje A3 que se recibe en una ranura en L 56 dispuesta en la palanca 46, en un plano perpendicular a los ejes A2 y A3. La ranura en L 56 presenta una rama larga 56b de recorrido muerto y una rama corta 56a de arrastre inicial, formando las dos ramas entre sí un ángulo de aproximadamente 90 grados. Las dos ramas 56a, 56b se extienden cada una desde una intersección común hacia un extremo de fondo de rama.

En la posición de la FIGURA 7A, que corresponde a la posición relativa de cierre eléctrico, se entiende que la palanca 46 está orientada de tal manera que la rama corta 56a está orientada hacia delante, en dirección del primer electrodo 20, con respecto a su intersección con la rama larga 56b. La varilla de articulación 54 se recibe en el extremo de fondo de esta rama corta 56b.

Durante el movimiento de apertura, la palanca 46 se acciona por el accionador 48, en este caso en el sentido de las agujas de un reloj considerando las figuras. La varilla de articulación 54 se recibe en el extremo de fondo de la rama corta 56a de la ranura, se acciona por este extremo de fondo, hacia atrás, a fin de provocar la separación del segundo electrodo 22, 24 al cual está conectada por la biela 44.

La Figura 7B ilustra una posición del mecanismo de transmisión para la cual la orientación de la rama corta de la ranura 56 es sustancialmente perpendicular a la biela 44. A partir de esta posición, bajo el efecto de las tensiones y bajo el efecto de la gravedad, la varilla de articulación 54 se escapa del extremo de fondo de la rama corta 56a de la ranura en dirección de la intersección con la rama larga 56b de esta ranura. Se observa que la rama larga 56b de la ranura es entonces sustancialmente paralela al eje A1 del movimiento de apertura.

Entre las posiciones de las Figura 7B y 7C, la palanca 46 continua su movimiento de rotación alrededor del eje A2 pero este movimiento de rotación no provoca desplazamiento de la biela 44, y aún menos del segundo electrodo 22, 24. En efecto, entre estas dos posiciones, la varilla de articulación 54 entre la biela 44 y palanca 46 puede desplazarse libremente en la rama larga 56b de la ranura 56, desde la intersección hacia su extremo de fondo, que alcanza para la posición de la figura 7C. Se observa por lo tanto que entre las posiciones de las Figuras 7B y 7C, la palanca 46 ha continuado su movimiento de rotación mientras que el tubo 24 del segundo electrodo 22 no se ha desplazado y conserva, por lo tanto, una separación constante con respecto al primer electrodo.

Cuando la palanca 46 continúa su movimiento de rotación alrededor del eje A2 con respecto a la posición de la figura 7C, estando la varilla de articulación 54 recibida en el extremo de fondo de la rama larga 56b de la ranura en L 56, se observa que la biela 44, y por lo tanto el segundo electrodo 22, 24, retoma su movimiento de apertura hasta alcanzar la posición relativa de apertura eléctrica ilustrada en la Figura 7D.

Gracias a un dispositivo de control tal como se ilustra, se entiende por lo tanto que un movimiento de rotación a velocidad constante de la palanca 46 alrededor del eje A2, por ejemplo causado por un motor 48 accionado a velocidad constante, se traduce por un movimiento del segundo electrodo 22, 24 que comprende una fase de parada entre las posiciones de las Figuras 7B y 7C. De tal manera, el aparato ilustrado en las Figuras 7a a 7D permite, mediante medios mecánicos, provocar un movimiento de los electrodos cuyo perfil de desplazamiento es

análogo al ilustrado en la Figura 5B, en este sentido, permite asegurar una etapa de estabilización con una parada del movimiento relativo de los dos electrodos, entre una etapa de apertura inicial, entre las posiciones de las Figuras 7A y 7B, y una etapa de búsqueda de apertura entre las posiciones de las Figuras 7C y 7D.

- 5 La invención no está limitada a los ejemplos descritos y representados, ya que se pueden realizar diversas modificaciones sin salirse de su ámbito.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de apertura de un aparato de corte mecánico (10) en un circuito eléctrico de alta tensión alterna, del tipo que comprende dos electrodos de los cuales uno primero (20) se somete a un potencial eléctrico alterno que tiene un periodo de alternancia, y de los cuales uno segundo (22, 24) está aislado eléctricamente de cualquier fuente de tensión y de cualquier masa eléctrica, estando los dos electrodos del aparato mecánico móviles el uno con respecto al otro según un movimiento de apertura controlada, entre una posición relativa de cierre eléctrico, en la que establecen una conexión eléctrica nominal del aparato, y al menos una posición relativa final de apertura eléctrica en la que los dos electrodos están separados el uno del otro por una separación (E_f), caracterizado por que el procedimiento comprende:
- una etapa inicial de apertura que comprende al menos un intervalo de tiempo de apertura rápida cuya duración (T_1) vale al menos 1 vez el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y durante la cual se efectúa un movimiento relativo de los dos electrodos a una primera velocidad media de separación (V_1) superior a 0.05 metros por segundo, preferentemente superior a 0.1 metros por segundo;
 - al menos una etapa de estabilización, ulterior a la etapa inicial de apertura y que comprende al menos un intervalo de tiempo de estabilización cuya duración (T_2) vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y que corresponde a separaciones de los dos electrodos (20, 22, 24) comprendidas entre el 10% y el 90% de la separación final (E_f), durante la cual se efectúa un movimiento relativo de los dos electrodos (20, 22, 24) a una velocidad media de separación de estabilización (V_2) inferior a 0.03 metros por segundo.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el procedimiento comprende, después de la etapa de estabilización, al menos una etapa de búsqueda de apertura que comprende al menos un intervalo de tiempo de búsqueda de apertura cuya duración vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo y durante la cual se efectúa un movimiento relativo de los dos electrodos (20, 22, 24) a una velocidad media de separación (V_3) superior a 0.03 metros por segundo, preferentemente superior a 0.05 metros por segundo, más preferiblemente superior a 0.1 metro por segundo.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que el procedimiento comprende, después de una etapa de búsqueda de apertura, una etapa de estabilización secundaria que comprende al menos un intervalo de tiempo de estabilización secundaria cuya duración vale al menos 5 veces el periodo de alternancia del potencial alterno del primer electrodo, durante la cual se efectúa un movimiento relativo de los dos electrodos (20, 22, 24) a una velocidad media de separación (V_4) inferior a 0.03 metros por segundo.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se inicia una etapa de estabilización para corresponder a una posición relativa predeterminada de los dos electrodos (20, 22, 24).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se inicia una etapa de estabilización al menos en función de la duración de un intervalo de tiempo entre dos arcos eléctricos entre el primer (20) y el segundo (22, 24) electrodo durante del movimiento de apertura.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, durante la etapa inicial de apertura, se detecta un intervalo de tiempo (Δt_{50}) entre dos arcos eléctricos entre el primer (20) y el segundo (22, 24) electrodo, y por que se compara la duración del intervalo de tiempo (Δt_{50}) con respecto a un valor de referencia (Δt_{ref}) por encima del cual se inicia una etapa de estabilización.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se inicia una etapa de estabilización al menos en función de la tensión entre los dos electrodos en el momento del inicio de un arco eléctrico entre los dos electrodos (20, 22, 24).
8. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que se inicia una etapa de búsqueda de apertura después del paso de un lapso de tiempo predeterminado tras un último arco eléctrico detectado entre los dos electrodos (20, 22, 24).
9. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que el inicio de una etapa de estabilización secundaria se determina al menos en función de la detección de un arco eléctrico entre el primer y el segundo electrodo durante de una etapa de búsqueda de apertura.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, durante una etapa de estabilización, los electrodos (20, 22, 24) ocupan al menos una posición relativa del último arco para la cual:
- existe un valor de potencial eléctrico del primer electrodo (20) sometido a un potencial eléctrico alterno que crea, para esta posición, y para un valor anterior de potencial del segundo electrodo (22, 24), un arco eléctrico entre los dos electrodos, y

- el arco eléctrico lleva el segundo electrodo (22, 24) a un potencial final para el cual la diferencia de potencial eléctrico entre el primer electrodo (20) y el segundo electrodo (22, 24) es inferior a la resistencia dieléctrica mínima entre los electrodos para dicha posición.

5

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una etapa de estabilización comprende al menos una parada del movimiento relativo de los dos electrodos (20, 22, 24), incluso consiste en una parada del movimiento relativo de los dos electrodos (20, 22, 24).

10

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una etapa de estabilización presenta una duración igual a al menos 5 veces, alternativamente al menos 10 veces, alternativamente al menos 20 veces el periodo de alternancia del potencial eléctrico al cual se somete el primer electrodo (20).

15

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la segunda velocidad media de separación (V2) se selecciona de tal manera que la velocidad de incremento de la resistencia dieléctrica mínima del aparato, generado por el aumento del valor de separación, crece a una velocidad inferior a 1.0 pu/s, preferentemente inferior a 0.5 pu/s, en la que 1 pu es el valor del valor máximo del potencial eléctrico al cual se somete el primer electrodo (20) con respecto a la tierra.

20

14. Instalación eléctrica que comprende un aparato de corte mecánico (10) de un circuito eléctrico de alta tensión alterna, del tipo que comprende dos electrodos de los cuales uno primero (20) se somete a un potencial eléctrico alterno y de los cuales uno segundo (22, 24) está aislado eléctricamente de cualquier fuente de tensión y de cualquier masa eléctrica, siendo los dos electrodos (20, 22, 24) del aparato mecánico móviles el uno con respecto al otro según un movimiento de apertura controlada por un dispositivo de mando (42), entre una posición relativa de cierre eléctrico, en la que establecen una conexión eléctrica nominal del aparato, y al menos una posición relativa de apertura eléctrica en la que los dos electrodos están separados el uno del otro, caracterizada por que el dispositivo de mando (42) está configurado para realizar un procedimiento de mando según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

25

30

15. Instalación eléctrica según la reivindicación 14, caracterizada por que el dispositivo de mando comprende un accionador (48) para controlar el movimiento relativo de los electrodos (20, 22, 24) por medio de un mecanismo de transmisión (44, 46) que conecta el accionador (48) con al menos uno de los electrodos, estando el mecanismo de transmisión (44, 46) configurado para realizar el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

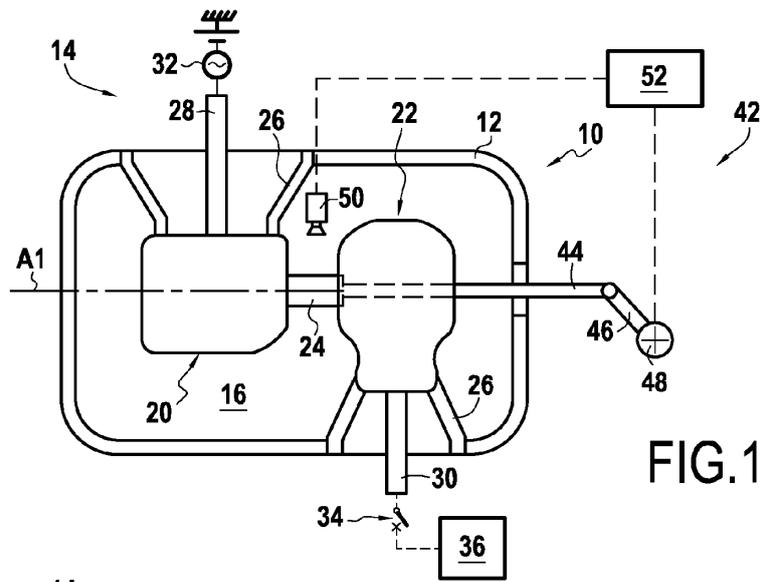


FIG.1

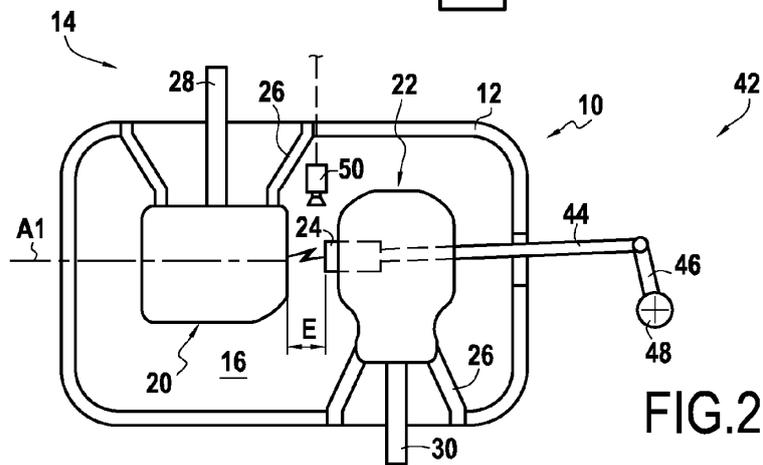


FIG.2

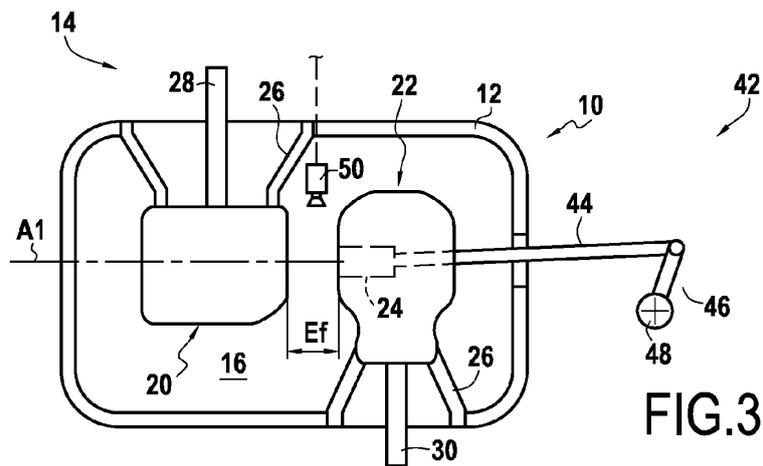


FIG.3

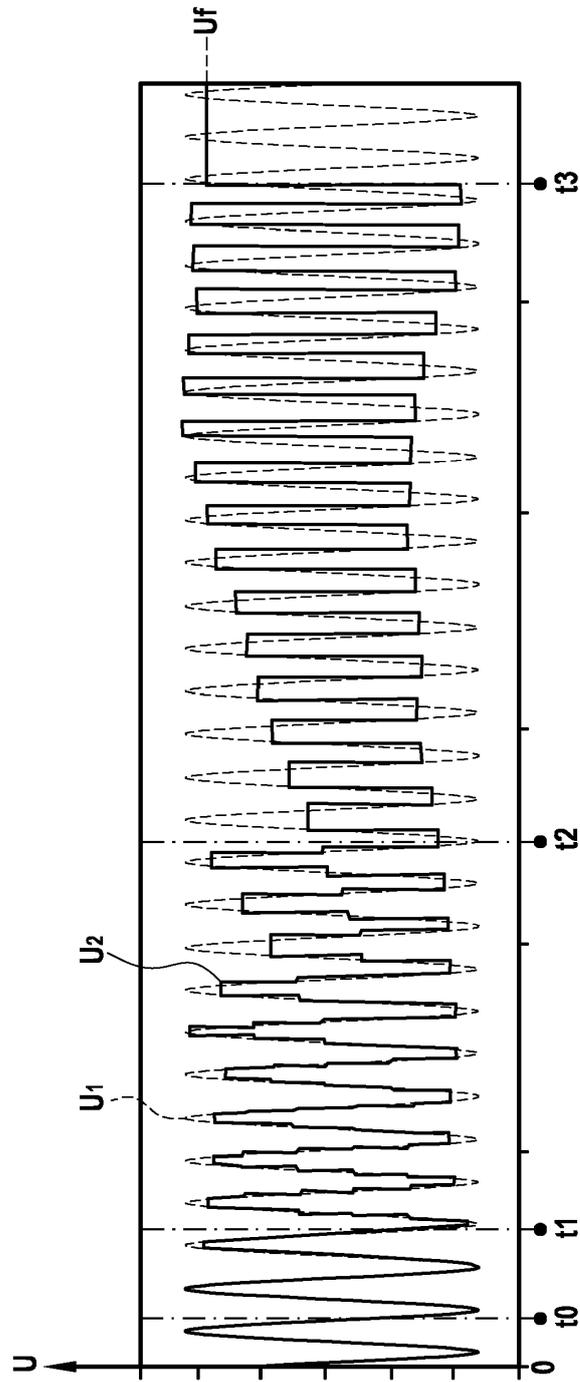


FIG.4

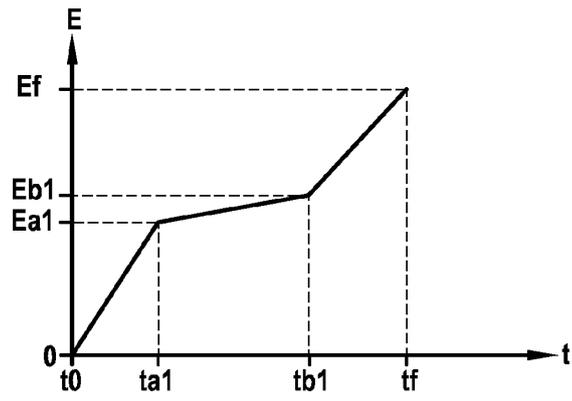


FIG.5A

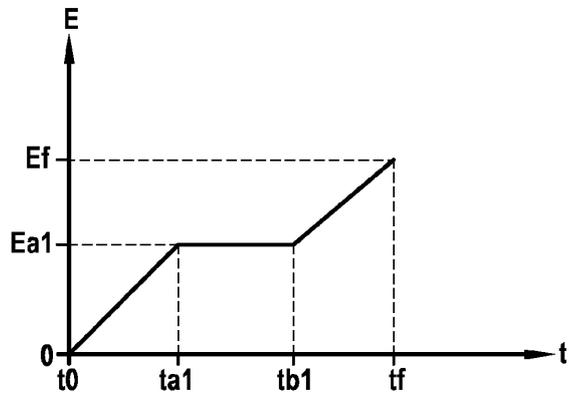


FIG.5B

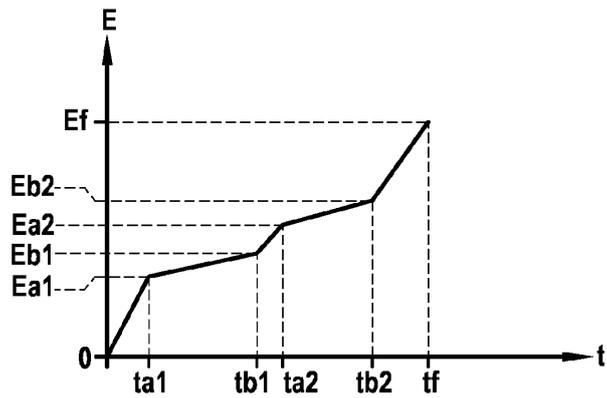
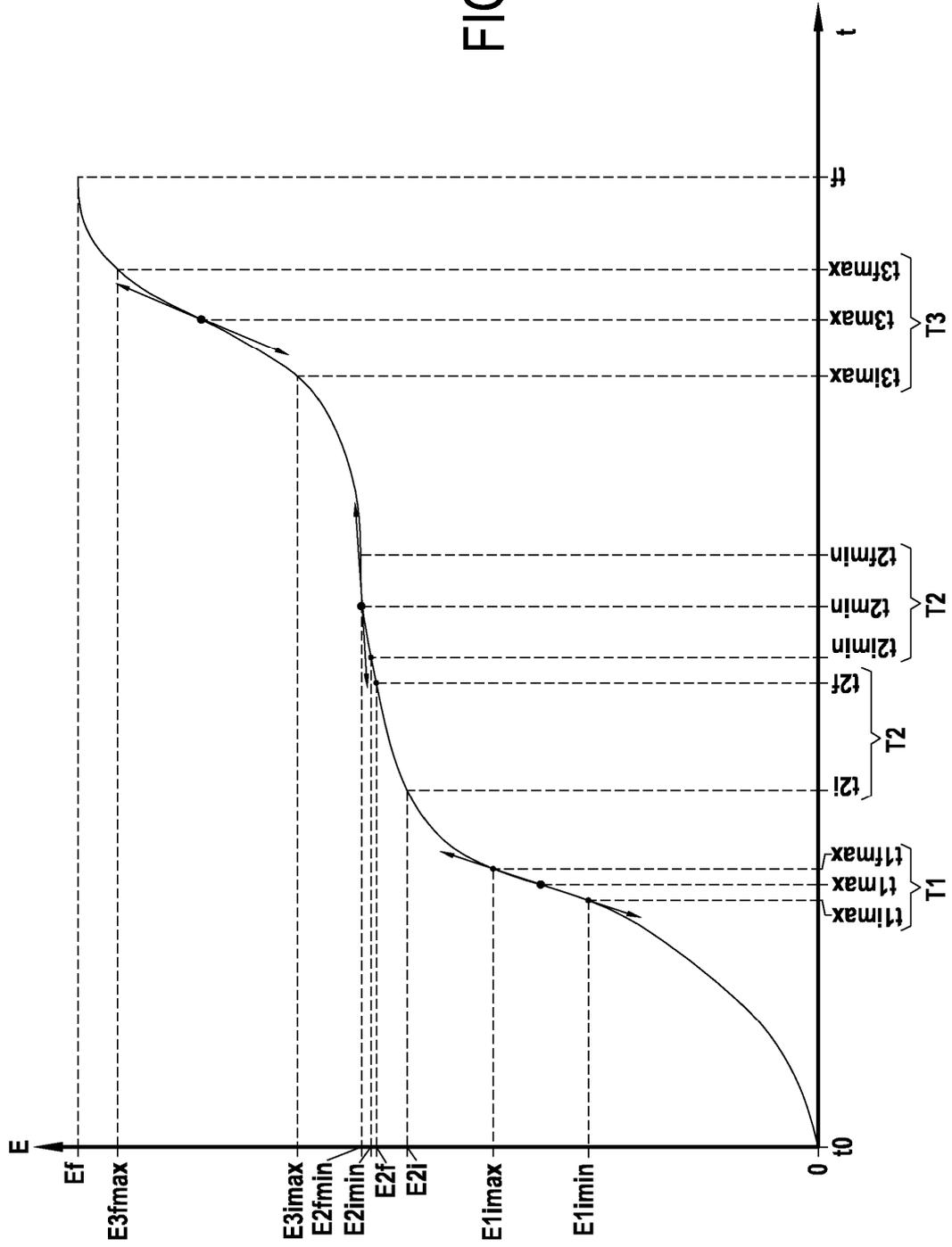


FIG.5C

FIG.5D



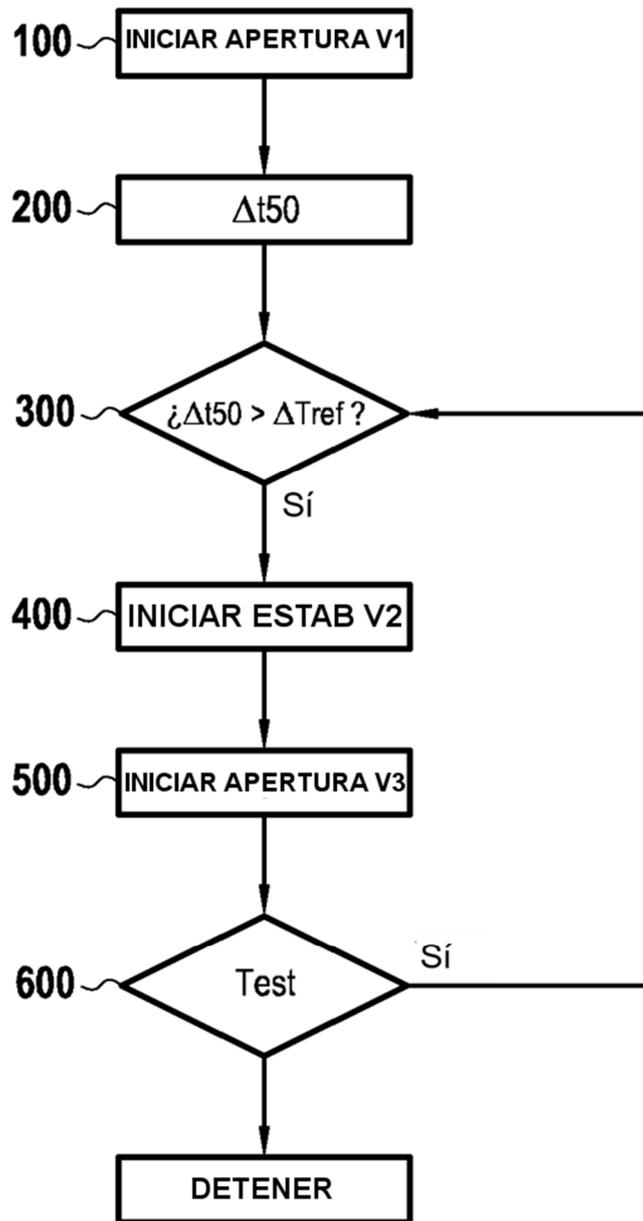


FIG.6

