

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 429 264**

21 Número de solicitud: 201230012

51 Int. Cl.:

H02J 3/36 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

04.01.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.11.2013

Fecha de la concesión:

27.08.2014

45 Fecha de publicación de la concesión:

03.09.2014

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2012/070921

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO - EUSKAL
HERRIKO UNIBERTSITATEA (100.0%)
Bº Sarriena, s/n
48940 LEIOA (Bizkaia) ES**

72 Inventor/es:

**LARRUSKAIN ESKOBAL, Dunixe Marene;
ABARRATEGUI RANERO, Oihane y
ZAMORA BELVER, Mª Inmaculada**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO PARA LIMITAR LA TENSION EN ESTACIONES DE CONVERTIDOR ALIMENTADAS POR TENSION**

57 Resumen:

Sistema y método para limitar la tensión en estaciones de convertidor alimentadas por tensión. La invención se refiere a un sistema y un método para limitar la tensión en una estación de convertidor alimentado por tensión, conectada entre una línea de corriente continua y una línea de corriente alterna, la estación comprende al menos dos válvulas por fase de la línea de corriente alterna que a su vez comprenden cada una al menos un elemento semiconductor con poder de corte y un dispositivo semiconductor en forma de diodo conectado a él en antiparalelo. La estación también comprende al menos dos condensadores que definen la tensión de la línea de corriente continua, además de:

- en cada uno de los condensadores un interruptor conectado con tierra que provoca la descarga del condensador y es controlado por unos medios de control;
- unos medios de control que cierran o abren los interruptores dependiendo de la tensión entre los condensadores, en caso de existir una tensión entre los condensadores superior a un cierto umbral, se cierra el interruptor conectado con el condensador que soporta una tensión mayor descargándolo hasta igualar la tensión de los dos condensadores, entonces los medios de control abren el interruptor de nuevo.

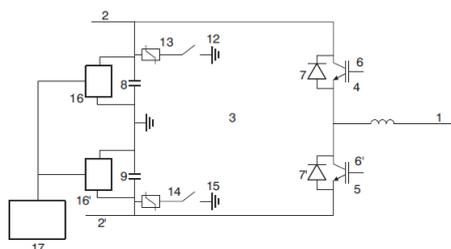


FIG. 1

ES 2 429 264 B1

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para limitar la tensión en estaciones de convertidor alimentadas por tensión

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo técnico de las líneas eléctricas de alta tensión de corriente continua. Más concretamente la invención se refiere a un sistema para proteger estaciones del convertidor de corriente continua de alta tensión frente a sobre tensiones.

10 La invención tiene por objeto solucionar los problemas de desequilibrio en los condensadores que aparecen en las estaciones del convertidor.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los enlaces HVDC (High Voltage Direct Current - Corriente Continua de Alta Tensión), con estaciones de convertidores alimentadas por tensión (VSC) comienzan a construirse en 1997. El primer enlace comercial se construyó entre la isla de Gotland y la Suecia continental, con un rango de 50 MW, 360 A y ± 80 kV. Esta tecnología se caracteriza por la capacidad de controlar la activación y desactivación de los dispositivos del convertidor, permitiendo un control independiente de la potencia activa y reactiva. Otras características principales incluyen la capacidad de arranque en situación de blackout, la posibilidad de energizar sistemas de corriente alterna pasivos, no tener requisitos de potencia de cortocircuito y permitir la realización de conexiones asíncronas. Las características citadas permiten que esta tecnología sea adecuada para algunas aplicaciones en los rangos de potencia menores, como por ejemplo: parques eólicos, plataformas de gas y petróleo y alimentación de ciudades.

25 Cuando aparece una falta de corriente continua en un enlace VSC, por ejemplo, debido a un cortocircuito, los convertidores bloquean los dispositivos semiconductores con capacidad de bloqueo. Pero esta acción no interrumpe la corriente de falta, ya que los diodos en antiparalelo conducen como un puente rectificador alimentando la falta. Al mismo tiempo, el condensador del polo afectado por dicha falta se cortocircuita, por lo que la tensión de ese condensador cae. Al mismo tiempo, la tensión en el otro condensador prácticamente se duplica, por lo que la tensión en la línea de corriente continua no se ve afectada. Después de finalizar esa falta, las tensiones no se recuperan, por lo que se mantiene el desequilibrio de los dos condensadores. Para recuperar el equilibrio y poder reiniciar el sistema con normalidad generalmente se descargan los condensadores.

30 Los condensadores están diseñados para soportar continuamente una tensión concreta. Cuando los condensadores se desequilibran uno de ellos está sometido a una tensión muy pequeña (lo cual no es ningún problema), pero el otro debe soportar una tensión mayor que la asignada, por lo que se podría perforar el dieléctrico. La instalación no puede estar en funcionamiento mientras exista divergencia de tensión en los condensadores.

Después de que desaparezca la falta, la divergencia no se reduce. Es imprescindible recuperar el equilibrio de las tensiones de los condensadores antes de reiniciar el sistema

40 Para lograrlo, generalmente en primer lugar se para el sistema, a continuación se descargan los condensadores y finalmente se reinicia el sistema con normalidad.

Hay varias soluciones propuestas para este problema. Entre las soluciones aportadas se pueden encontrar las siguientes: cambiar el tipo de conexión del secundario del transformador a estrella con neutro, puesta a tierra por medio de ramas de alta impedancia y la operación monopolar. Estas soluciones tienen el inconveniente de producir cambios en el funcionamiento del convertidor y no se utilizan en la práctica. También existen soluciones que se activan en el momento de la falta, como la equalización de resistencias, que requiere un tiempo excesivamente largo o la conexión a tierra de la estrella del transformador, el cual también produce cambios en el funcionamiento.

50 La utilización de equipos para proteger contra sobre tensiones es bien conocida. Se han desarrollado equipos para limitar las sobretensiones basados en diferentes principios operacionales, que incluyen varistores. Un ejemplo de estas soluciones se describe en la patente: WO2009/149744 A1. Sin embargo dicha patente tiene como objeto proteger la línea eléctrica de c.c., y no atiende el equilibrado de los condensadores del convertidor.

55 Por tanto, se echa en falta en el estado de la técnica una solución eficiente al problema de desequilibrio de los condensadores ante una falta.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

60 La presente invención tiene por objeto superar los inconvenientes del estado de la técnica detallados

anteriormente, mediante un equipo capaz de resolver eficientemente el problema de desequilibrio de los condensadores que se produce en los convertidores alimentados por tensión, por ejemplo, en caso de una falta entre un polo y tierra. Para ello se describe un sistema para limitar la tensión en una estación de convertidor alimentado por tensión, conectado entre una línea de corriente continua y una línea de corriente alterna, la estación comprende al menos dos válvulas por fase de la línea de corriente alterna que a su vez comprenden cada una al menos un elemento semiconductor con poder de corte y un dispositivo semiconductor en forma de diodo conectado a él en antiparalelo y la estación también comprende al menos dos condensadores que definen la tensión de la línea de corriente continua. El sistema comprende además:

- en cada uno de los al menos dos condensadores un interruptor conectado con tierra, el cierre del interruptor conecta el condensador a tierra provocando su descarga y dicho interruptor es controlado por unos medios de control;
- unos medios de control que cierran o abren el interruptor de cada condensador dependiendo de la tensión entre los condensadores, en caso de existir una tensión entre los al menos dos condensadores superior a un cierto umbral, los medios de control cierran el interruptor conectado con el condensador que soporta una tensión mayor descargándolo hasta igualar la tensión de los al menos dos condensadores, entonces los medios de control abren el interruptor de nuevo.

Adicionalmente se puede incorporar un elemento pasivo en serie con cada interruptor.

De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, los medios de control comprenden unos sensores de tensión para medir la diferencia de tensión en los terminales de los al menos dos condensadores. También pueden comprender un dispositivo electrónico programable, asociado a los sensores de tensión, que cierra el interruptor cuando dichos sensores detectan una tensión en uno de los condensadores superior a un cierto umbral de tensión. Este dispositivo electrónico asociado a los sensores de tensión, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, abre el interruptor cuando dichos sensores detectan que la tensión de los al menos dos condensadores es inferior a un segundo umbral.

De forma opcional, el elemento pasivo limitador puede ser un varistor de óxido metálico. Y, opcionalmente también, los interruptores que comprende la invención se pueden seleccionar entre un interruptor mecánico ultrarrápido o un interruptor seccionador.

De acuerdo a una realización de la invención, el interruptor es un elemento semiconductor de conmutación a seleccionar entre un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un tiristor controlado por puerta integrada (IGCT) o un tiristor de apagado por puerta (GTO) conectado en antiparalelo con un diodo.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método para limitar la tensión en una estación de convertidor alimentado por tensión, conectado entre una línea de corriente continua y una línea de corriente alterna, (para proteger dicha estación de una sobretensión), la estación comprende al menos dos válvulas por fase de la línea de corriente alterna que a su vez comprenden cada una al menos un elemento semiconductor con poder de corte y un dispositivo semiconductor en forma de diodo conectado a él en antiparalelo y la estación también comprende al menos dos condensadores que definen la tensión de la línea de corriente continua. El método comprende los pasos de:

- medir la tensión entre los terminales de los al menos dos condensadores;
- comparar las tensiones de los al menos dos condensadores mediante unos medios de control;
- en caso de existir una diferencia entre las tensiones de los al menos dos condensadores superior a cierto umbral, conectar a tierra el condensador con mayor tensión descargándolo hasta que la diferencia de las tensiones de los al menos dos condensadores sea menor a la de un segundo umbral;
- una vez los medios de control comprueban que las tensiones entre los al menos dos condensadores son iguales interrumpen la conexión a tierra.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un dibujo en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 muestra un esquema eléctrico simplificado de una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

A continuación, el presente documento describe una implementación práctica de la invención según una realización preferente de la misma.

La realización de la figura 1 muestra un convertidor alimentado por tensión (3) que une una red de corriente

continua (2, 2') de alta tensión, y una línea de corriente alterna (1). Este convertidor (3) está configurado para convertir corriente continua en corriente alterna y viceversa de manera ya conocida para el experto en la materia.

5 La estación del convertidor se muestra muy esquemáticamente. Por cada fase de la red de corriente alterna se muestran únicamente dos válvulas (4) y (5) del convertidor (3), estando dichas válvulas formadas por un elemento semiconductor con poder de corte (6,6') y un dispositivo semiconductor en forma de diodo (7,7') conectado en antiparalelo. Dos condensadores (8)(9) definen la tensión de la red de corriente continua (2,2'). Por lo tanto, se han omitido numerosos elementos, como por ejemplo filtros, dado que no tienen relación con la presente invención.

10 La figura 1 muestra de forma esquemática dos equipos limitadores de tensión conectados con cada condensador (8)(9) del convertidor alimentado por tensión (3). Cada equipo comprende un varistor (13)(14) conectado en serie entre un interruptor (12)(15) y tierra.

15 De acuerdo a la realización preferente, los equipos incorporan además unos medios de control para gobernar la activación de dichos interruptores (16,16')(17). Preferentemente, dichos medios de control comprenden un dispositivo sensor de tensión eléctrica (16)(16') conectado adecuadamente para medir la diferencia de tensión entre los terminales de los condensadores (8)(9), y un dispositivo electrónico programable (17) asociado con los sensores de tensión (16)(16'), y conectado con los interruptores (12,15), para gobernar su funcionamiento en función de la medida que le proporcionan los sensores de tensión (16)(16'). En caso de existir una tensión entre los al menos dos
20 condensadores superior a un cierto umbral, los medios de control cierran el interruptor conectado con el condensador que soporta una tensión mayor descargándolo hasta igualar la tensión de los al menos dos condensadores, entonces los medios de control abren el interruptor de nuevo.

25 El siguiente ejemplo muestra la operación del equipo de acuerdo a otra realización de la invención. Se asume que la tensión nominal de los condensadores del convertidor es 1 p.u. y se establece un umbral de detección de 1.2 p.u.. Cuando se produce una falta entre un polo (2') de la línea de corriente continua y tierra, el condensador (9) se cortocircuita y su tensión cae. Al mismo tiempo, la diferencia de potencial entre los terminales del otro condensador (8) aumenta. Por lo tanto, la tensión entre polos del circuito de corriente continua no está afectada por este desequilibrio. Cuando el sensor de tensión (16) detecta que la tensión de un condensador (8) excede el nivel predeterminado por el
30 umbral de detección durante un cierto tiempo, el dispositivo electrónico programable (17) cierra el interruptor (12), correspondiente al condensador no afectado por la falta. Conectando, de esta manera, el terminal de dicho condensador con tierra, por lo que la corriente circula a través del varistor (13), que limita su valor y el condensador se descarga. Cuando los sensores de tensión (16 y 16') detectan que la tensión de los al menos dos condensadores (8) y (9) se ha igualado, abren inmediatamente el interruptor (12). De esta manera, los dos condensadores se mantienen equilibrados.

35 De acuerdo a una realización de la invención, los interruptores (12,15) consisten en un interruptor mecánico ultra-rápido, un interruptor-seccionador o un dispositivo electrónico de conmutación.

40 En la presente invención, el término línea de corriente continua de alta tensión se debe interpretar en términos generales y se incluye en este contexto cualquier línea eléctrica alimentada por corriente continua y que está sometida a un potencial de alta tensión, esto es, una tensión superior a 1 kV, aunque la invención no está restringida a ningún nivel particular de potencia o de tensión de dicha red de corriente continua. Finalmente, dicha línea no tiene que ser exclusivamente una red de corriente continua para la transmisión de potencia eléctrica entre estaciones
45 convertidoras, a pesar de ser la aplicación particular de la realización preferente.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.-** Sistema para limitar la tensión en una estación de convertidor alimentado por tensión (3), conectado entre una línea de corriente continua (2,2') y una línea de corriente alterna (1), la estación comprende al menos dos válvulas (4,5) por fase de la línea de corriente alterna (1) que a su vez comprenden cada una al menos un elemento semiconductor con poder de corte (6,6') y un dispositivo semiconductor en forma de diodo (7,7') conectado a él en antiparalelo y la estación también comprende al menos dos condensadores (8,9) que definen la tensión de la línea de corriente continua, el sistema está caracterizado por que además comprende:
- 10 - en cada uno de los al menos dos condensadores un interruptor (12,15) conectado con tierra, el cierre del interruptor conecta el condensador a tierra provocando su descarga y dicho interruptor es controlado por unos medios de control;
- 15 - unos medios de control que comprenden unos sensores de tensión (16,16') para medir la tensión entre los terminales de los al menos dos condensadores, donde dichos medios de control cierran o abren el interruptor de cada condensador dependiendo de la diferencia de tensión existente entre los al menos dos condensadores, en caso de existir una diferencia de tensión entre los al menos dos condensadores superior a un cierto umbral, los medios de control cierran el interruptor conectado con el condensador que soporta una tensión mayor descargándolo hasta que la diferencia de tensión de los al menos dos condensadores es inferior a un segundo umbral, entonces los medios de control abren el interruptor de nuevo.
- 20 **2.-** Sistema según la reivindicación anterior que además comprende un elemento pasivo (13, 14) en serie con cada interruptor.
- 3.-** Sistema según las reivindicaciones anteriores donde los medios de control comprenden un dispositivo electrónico programable (17), asociado a los sensores de tensión, que calcula la diferencia de tensión entre los al menos dos condensadores y que cuando dicha diferencia de tensión es superior a un cierto umbral, cierran el interruptor conectado con el condensador de mayor tensión.
- 25 **4.-** Sistema según la reivindicación 2 donde el elemento pasivo es un varistor de óxido metálico.
- 5.-** Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el interruptor se selecciona entre un interruptor mecánico ultrarrápido o un interruptor seccionador.
- 6.-** Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-4 donde el interruptor es un elemento semiconductor de conmutación, a seleccionar entre un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un tiristor controlado por puerta integrada (IGCT) o un tiristor de apagado por puerta (GTO), donde el interruptor seleccionado está conectado en antiparalelo con un diodo.
- 30 **7.-** Método para limitar la tensión en una estación de convertidor alimentado por tensión, conectado entre una línea de corriente continua y una línea de corriente alterna, (para proteger dicha estación de una sobretensión), la estación comprende al menos dos válvulas que a su vez comprenden cada una al menos un elemento semiconductor con poder de corte y un dispositivo semiconductor en forma de diodo conectado a él en antiparalelo y la estación también comprende al menos dos condensadores que definen la tensión de la línea de corriente continua, el método está caracterizado por que comprende los pasos de:
- 35 - medir la tensión entre los dos terminales de cada uno de los al menos dos condensadores;
- comparar las tensiones de los al menos dos condensadores mediante unos medios de control;
- 40 - en caso de existir una diferencia de tensión entre los al menos dos condensadores superior a cierto umbral, conectar a tierra el condensador con mayor tensión descargándolo hasta que la diferencia de tensión entre los al menos dos condensadores sea menor a la de un segundo umbral;
- una vez los medios de control comprueban que la diferencia de tensión entre los al menos dos condensadores es menor a la de un segundo umbral interrumpir la conexión a tierra.

45

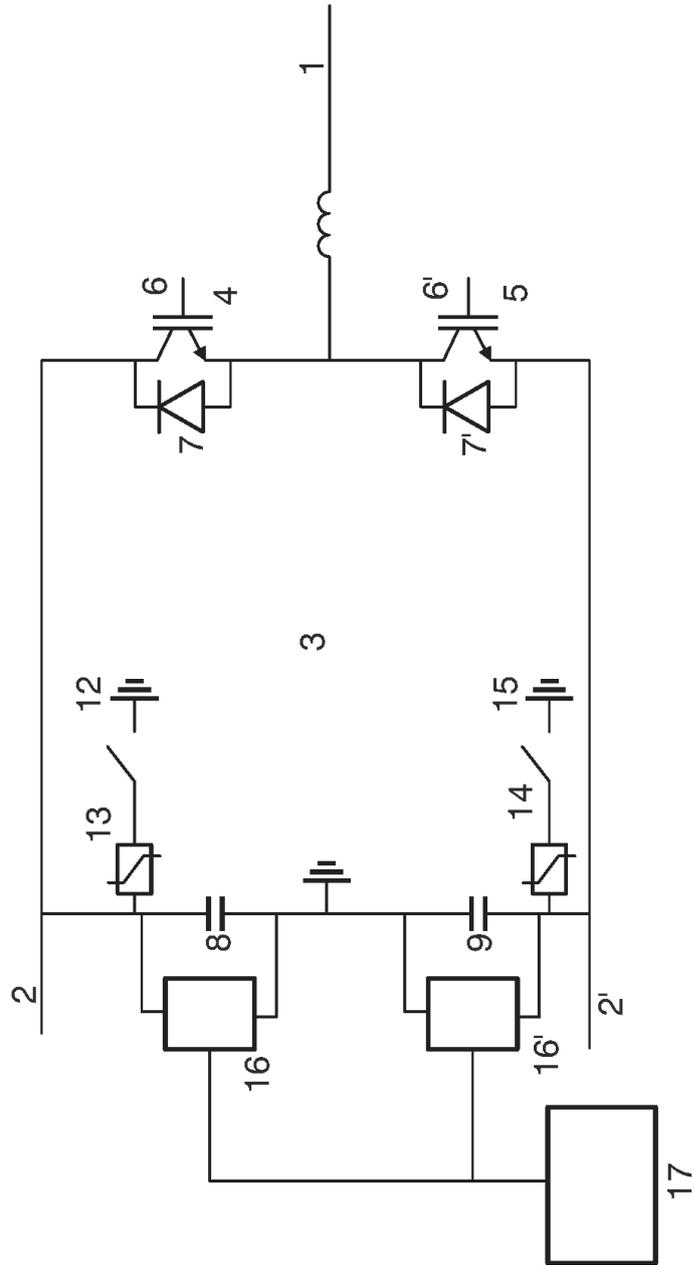


FIG. 1