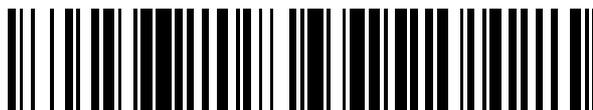


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 566 950**

51 Int. Cl.:

H02J 3/36 (2006.01)

H01H 33/59 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2012 E 12810132 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2016 EP 2789068**

54 Título: **Sistema de circuito para la reducción de la intensidad de corriente en una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión, instalación de transmisión de corriente continua de alta tensión y procedimiento de reducción de la intensidad de corriente de una corriente eléctrica**

30 Prioridad:

18.01.2012 DE 102012200679

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

18.04.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHÖN, ANDRE y
KOSSE, SYLVIO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 566 950 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

Sistema de circuito para la reducción de la intensidad de corriente en una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión, instalación de transmisión de corriente continua de alta tensión y procedimiento de reducción de la intensidad de corriente de una corriente eléctrica.

5 La presente invención hace referencia a un sistema de circuito para reducir la intensidad de corriente de una corriente eléctrica que fluye en una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión, es decir, en particular para generar un paso por cero de la corriente. El sistema de circuito muestra un nodo del circuito, que se utiliza para unir el sistema de circuito con la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión. El sistema de circuito comprende también un circuito resonante LC conectado entre el nodo del circuito y un potencial de referencia, y que
10 comprende un condensador, así como una bobina, configurado para generar un pulso de corriente de la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión hacia el potencial de referencia a través del sistema de circuito, y por consiguiente para reducir la intensidad de corriente en la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión. Entre el nodo del circuito y el circuito resonante LC se acopla un elemento de conmutación que se utiliza para acoplar la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión con el circuito resonante LC. La invención hace referencia, además, a una instalación de transmisión de corriente continua de alta tensión para transmitir energía eléctrica a través de distancias más largas, así como también a un procedimiento para reducir la intensidad de corriente de una corriente eléctrica.

En este caso, el interés se orienta a una transmisión de corriente continua de alta tensión, la cual también es conocida como HVDC (del inglés "High Voltage Direct Current", corriente continua de alta tensión). Se trata además de un sistema que se utiliza para transmitir energía eléctrica a lo largo de distancias de mayor extensión. La transmisión de grandes potencias, es decir, a partir de aproximadamente 1000 MW, a lo largo de distancias de algunos cientos de kilómetros a través de un diámetro de línea técnicamente manejable, obliga a tensiones eléctricas muy altas de más de 400 kV. Por consiguiente, la intensidad de corriente de la corriente se mantiene por debajo de 5 kA, preferentemente inferior a 2,5 kA. Para la HVDC, en particular para la construcción de sistemas HVDC-Multi-Terminal y sistemas de red HVDC, se requieren conmutadores mediante los cuales puede interrumpirse el circuito en cada caso respectivamente. Este tipo de interruptor eléctrico también se denomina "interruptor de circuito HVDC". Estos interruptores deben poder desconectar corrientes nominales, por una parte, así como corrientes de cortocircuito nominal, por otra parte, de forma segura. Mientras que las corrientes nominales de CC pueden alcanzar hasta +/- 550 kV y en el futuro hasta de 800 a 1000 kV, el valor nominal de la corriente - como ya se mencionó - asciende a de aproximadamente 2 a 5 kA. La intensidad de la corriente de una corriente de cortocircuito es incluso múltiplo de las mismas. Para, a estas altas corrientes y tensiones, poder desconectar de forma segura la potencia en la línea de transmisión, - se tiene que generar una corriente cero (corriente cero) en el recorrido de la corriente principal - o sea en la línea de transmisión - a través de un sistema de circuito apropiado y la energía magnética almacenada en el sistema tiene que eliminarse mediante medidas apropiadas.

35 El interés es válido, en este caso, en un sistema de circuito tal, que se utiliza para generar un paso por cero de la corriente en la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión, y en general para reducir la intensidad de corriente, para posibilitar una interrupción segura de la corriente en la línea de transmisión. Uno de estos sistemas de circuito se utiliza por consiguiente para una corta - por ejemplo, de algunos milisegundos - reducción de la intensidad de corriente, de forma que dentro de este corto periodo el conmutador integrado en la línea de
40 transmisión pueda abrirse de modo seguro y pueda interrumpirse el circuito.

En publicaciones se ha discutido ya un gran número de soluciones, de cómo puede interrumpirse el circuito en una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión de manera segura y eficaz. La mayoría de los circuitos propuestos se basan en conectar la corriente mediante medidas apropiadas - aproximadamente con un gran arco de tensión- en una rama de conmutación paralela a la principal ruta de corriente y desconectar esta rama de
45 conmutación. Tal solución se describe por ejemplo en el siguiente documento: Christian M. Franck HVDC Disyuntores: Una revisión identificando futuras necesidades de investigación, transecciones IEEE en el suministro de potencia, vol. 26, p. 998-1007 abril 2011.

Otro enfoque conocido enuncia generar en una rama de circuito transversalmente a la trayectoria de corriente principal un pulso de corriente suficientemente grande y dirigir totalmente la corriente a desconectar tan brevemente por esta rama transversal. De este modo se produce un paso por cero de la corriente en el trayecto principal de la corriente, que es suficiente para la interrupción de un arco eléctrico - por ejemplo, en un interruptor de vacío -. Uno de estos sistemas de circuito ya conocido gracias al estado actual de la técnica se representa en la FIG 1. Este sistema de circuito designado en general con 1 muestra un nodo del circuito 2, a través del cual se une el sistema de
50 circuito 1 con la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión 3. En la línea de transmisión 3 hay dos conmutadores eléctricos 4, 5 integrados, que se utilizan para interrumpir el circuito en la línea de transmisión 3. El nodo del circuito 2 está unido a través de un primer diodo 6 con un primer nodo 7 de la línea de transmisión 3, así como a través de un segundo diodo 8 con un segundo nodo 9, con lo que el nodo del circuito 2 está conectado con los respectivos cátodos de los diodos 6, 8. El nodo del circuito 2 está, aparte de esto, directamente conectado con un nodo 10 situado entre los conmutadores 4, 5. Entre el nodo del circuito 2 y un potencial de referencia 11 (masa

y/o tierra o una línea negativa) comprende el sistema de circuito 1 un circuito resonante LC 12, que es un circuito resonante paralelo. Esto significa que una bobina 13 se conecta en paralelo con un condensador 14, conectándose en serie con la bobina 13, un tiristor 15. En paralelo al condensador 14, se prevé un varistor 16. En serie con el circuito resonante LC 12 se conectan aparte de esto una resistencia 17 así como un elemento de conmutación 18. El elemento de conmutación 18 se utiliza para el acoplamiento del sistema de circuito 1 de la línea de transmisión 3, y se ejecuta en el estado actual de la técnica como un simple diodo, cuyo ánodo está conectado al nodo 10 y su cátodo conectado al circuito resonante LC. En primer lugar, se carga el condensador 14 al potencial eléctrico de la alta tensión, o sea, a través del diodo 18. Si ahora se enciende el tiristor 15, la carga fluye desde el condensador 14 hacia la bobina 13, de manera que el condensador 14 se recarga mediante la bobina 13. Esto significa que se cambia la polaridad de la tensión en el condensador 14. Tan pronto en este contexto se vuelve positiva la tensión en el diodo 18, comienza la corriente a conmutar de la línea de transmisión 3 al sistema de circuito 1, y se produce un pulso de corriente de la línea de transmisión 3 al sistema de circuito 1. Este pulso de corriente origina que se reduzca brevemente la intensidad de corriente de la corriente en la línea de transmisión.

En la Fig. 2 se representan perfiles temporales de corrientes, como pueden aparecer en los sistemas de circuito conformes al estado actual de la técnica. En la FIG 2 se representan además una evolución temporal 19 de la corriente eléctrica a través del tiristor 15, una evolución temporal 20 de la corriente a través del condensador 14, así como una evolución temporal 21 de la corriente a través del diodo 18. Como se deduce de la FIG 2, la corriente empieza a fluir a través del diodo 18, tan pronto como el condensador se descarga y toda la energía se almacena en la bobina 13 y/o la tensión en el condensador 14 cae por debajo de la tensión en el nodo 10. Entonces se carga el condensador 14 de nuevo debido al pulso de corriente, con lo que debido a la resistencia 17 y al dimensionado del condensador 14 el máximo 22 de la corriente a través del diodo 18 es relativamente pequeño.

El sistema de circuito 1 conforme a la FIG 1 tiene por consiguiente el inconveniente decisivo de que, por un lado, debido a la resistencia 17 y particularmente debido al tamaño y los costes del condensador 14 requiere relativamente mucho espacio y es relativamente costoso, así como, por otro lado, el pulso de corriente generado es relativamente "débil".

El objeto de la invención es proporcionar una solución, como en un sistema de circuito del tipo mencionado anteriormente, para poder reducir de manera especialmente eficaz la intensidad de la corriente en la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión y en este contexto esto puede reducir la complejidad del sistema de circuito en comparación con el estado de la técnica.

Este objeto se resuelve conforme a la invención mediante un sistema de circuito, mediante una instalación de transmisión de corriente continua de alta tensión, así como mediante un procedimiento con las características conformes a las respectivas reivindicaciones independientes. Favorables ejecuciones de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes, la descripción y las figuras.

Un sistema de circuito conforme a la invención está diseñado para reducir la intensidad de corriente de una corriente eléctrica que fluye en una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (en adelante denominada también como "línea de transmisión"), o sea particularmente para generar un paso por cero de la corriente. El sistema de circuito comprende un nodo del circuito y/o una conexión para unir con la línea de transmisión, como también un circuito resonante LC conectado entre el nodo del circuito y un potencial de referencia para generar un pulso de corriente desde la línea de transmisión a través del sistema de circuito al potencial de referencia, con lo que el circuito resonante LC presenta un condensador y una bobina. El sistema de circuito comprende también un elemento de conmutación acoplado entre el nodo del circuito y el circuito resonante LC para acoplar la línea de transmisión con el circuito resonante LC. Conforme a la invención se prevé que el elemento de conmutación sea un elemento de conmutación controlable con una conexión de control, de forma que este elemento de conmutación pueda controlarse o acoplarse por medio de un dispositivo de control electrónico.

El efecto conforme a la invención se obtiene por consiguiente conectando el circuito resonante LC con la línea de transmisión a través de un elemento de conmutación controlable. De este modo se logra cargar el condensador del circuito resonante LC primero completamente a una tensión negativa (o sea recargar) y proporcionar así en total más carga a igual capacidad para el pulso de corriente. Para un pulso de corriente comparable se puede utilizar por consiguiente un condensador claramente menor (aproximadamente en un factor de 4). Por otra parte, con el mismo condensador puede producirse un pulso de corriente más fuerte que con el sistema de circuito conforme a la FIG 1. El tamaño del condensador usado depende en particular directamente de la energía a absorber en la desconexión, de forma que este pueda reducirse asimismo mediante el sistema de circuito conforme a la invención. Otra ventaja del sistema de circuito conforme a la invención consiste en que, debido al elemento de conmutación controlable, pueda prescindirse de la resistencia 17 conforme a la FIG 1, de forma que sobre el empleo de una resistencia adicional con las desventajas asociadas en lo que se refiere a los costes y particularmente también al valioso espacio de construcción. Con el sistema de circuito aquí propuesto se descarta aparte de esto - y en realidad debido al comportamiento de vibración del circuito resonante RLC consistente en el condensador 14, la bobina 13 y la resistencia 17 - el cortocircuito directo de la línea de transmisión a través del sistema de circuito, como es posible en el estado actual de la técnica.

- 5 En los cortocircuitos alejados del sistema de circuito se produce por otra parte, debido a la impedancia de la línea, una oscilación de la tensión eléctrica en el sistema de circuito. La amplitud de la oscilación se encuentra aquí hasta entre la tensión nominal y cero. En comparación con el sistema de circuito conforme a la FIG 1, que a tensión nominal no puede generar en el sistema de circuito ningún pulso de corriente y origina en el peor de los casos también un cortocircuito permanente a tierra y/o carril negativo, el sistema de circuito conforme a la invención puede generar también a tensiones nominales de manera segura y fiable un correspondiente pulso de corriente.
- 10 Por línea de transmisión de corriente continua de alta tensión se entiende en la presente una línea eléctrica de un sistema HVDC, por medio de la cual puede transmitirse energía eléctrica a largas distancias – particularmente a lo largo de varios cientos de kilómetros -. La línea de transmisión es por consiguiente una línea eléctrica, configurada para funcionar con tensiones de varios 100 kV y que posibilita la transmisión de la corriente continua a lo largo de las distancias indicadas. El valor nominal de esta corriente continua se encuentra preferentemente en un rango de valores de 2 a 5 kA. Correspondientemente el sistema de circuito conforme a la invención se diseña para operar con altas tensiones y corrientes, o sea con tensiones de algunos 100 kV y con corrientes en el rango de valores indicado.
- 15 Preferiblemente se utiliza el sistema de circuito para una reducción breve – de algunos milisegundos – de la intensidad de la corriente. Este periodo es particularmente suficiente para abrir un conmutador integrado en la línea de transmisión y, por consiguiente, poder interrumpir el circuito en la línea de transmisión de manera segura.
- 20 El elemento de conmutación es en un modo de operación un tiristor o un IGBT o un IGCT. En función de la intensidad de la corriente puede utilizarse por consiguiente en cada caso el elemento de conmutación óptimo, que se encarga de una generación segura del pulso de corriente.
- 25 Se prefiere especialmente cuando el circuito resonante LC- diferente que en el sistema de circuito conforme a la FIG 1 - es un circuito resonante en serie. Este modo de operación se utiliza para limitar el aumento de corriente, de modo que el flujo de corriente esté limitado por el elemento de conmutación. Esto se muestra como particularmente ventajoso cuando se prescinde de la resistencia 17 conforme a la FIG 1.
- 30 Se demuestra que es particularmente ventajoso cuando el sistema de circuito tiene un dispositivo de control para el control del elemento de conmutación, orientado a causar primero una recarga del condensador antes del cierre del elemento de conmutación o antes de generar el pulso de corriente. Esto significa que antes del cierre del elemento de conmutación – antes aún de que el pulso de corriente se genere en el sistema de circuito - primero se carga el condensador a un voltaje negativo o una tensión con una polaridad invertida respecto a la tensión de la línea de transmisión. Esto tiene la ventaja de que en total más carga puede fluir a través del elemento de conmutación, y por lo tanto puede generarse un pulso de corriente relativamente alto con una alta amplitud. La generación del pulso de corriente es entonces también muy rápida, porque el condensador se recarga ya antes del cierre del elemento de conmutación, y no aproximadamente -. como en el sistema de circuito de la figura 1 - tras el cierre del tiristor 15.
- 35 En un modo de operación se prevé que en paralelo al circuito resonante LC se conecte un conmutador eléctrico separado del elemento de conmutación. Por consiguiente, el modo de operación puede llevarse a cabo sin mucho coste, en el que antes del cierre del elemento de conmutación el condensador primero se recarga. Para este propósito puede por ejemplo cerrarse únicamente el conmutador separado y mantenerse en estado cerrado hasta que el condensador se cargue con una tensión negativa. Entonces puede abrirse de nuevo este conmutador separado, y el circuito resonante LC está listo para generar el pulso de corriente.
- 40 El dispositivo de control arriba citado puede configurarse también para controlar el elemento de conmutación y el conmutador separado de tal manera que en cada caso como máximo se conecte opcionalmente o bien sólo el conmutador o sólo el elemento de conmutación. Por consiguiente, se evita un cortocircuito entre la línea de transmisión por un lado y el potencial de referencia por el otro.
- 45 Se puede prever también que una resistencia, en particular, un varistor, se conecte en paralelo al condensador. Por medio de un varistor tal, puede controlarse el flujo de corriente en función de la tensión aplicada.
- 50 A la invención pertenece también una instalación de transmisión de corriente continua de alta tensión con una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión para transmitir una corriente eléctrica. La instalación de transmisión muestra un conmutador eléctrico integrado en la línea de transmisión para interrumpir un circuito en la línea de transmisión, como también un sistema de circuito conforme a la invención conectado con la línea de transmisión.
- En la instalación de transmisión puede preverse que el sistema de circuito se configure como módulo de conmutación y entre la línea de transmisión y el potencial de referencia se conecten en serie al menos dos de aquellos módulos de conmutación y/o células de conmutación. En función de la tensión empleada, que se ajusta a la línea de transmisión, puede por consiguiente usarse en cada caso el número óptimo de módulos de conmutación.

Un procedimiento conforme a la invención se utiliza para reducir la intensidad de corriente de una corriente eléctrica, que se transmite a través de una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión, con ayuda de un sistema de circuito eléctrico, conectado a través de un nodo del circuito con la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión, con lo que para reducir la intensidad de corriente (para interrumpir con seguridad el flujo de corriente en la línea de transmisión) se produce un pulso de corriente en el sistema de circuito por medio de un circuito resonante LC conectado entre el nodo del circuito y un potencial de referencia, conectando la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión a través de un elemento de conmutación con el circuito resonante LC. Por medio de un dispositivo de control se proporciona a un terminal de control del elemento de conmutación, una señal de control, por medio de la cual el elemento de conmutación se acopla y de este modo la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión se conecta con el circuito resonante LC para generar el pulso de corriente.

Las formas de ejecución preferentes propuestas con referencia al sistema de circuito conforme a la invención y sus ventajas se aplican correspondientemente al sistema de transmisión conforme a la invención así como al procedimiento conforme a la invención.

Otras características de la invención resultan de las reivindicaciones, las figuras y la descripción de las figuras. Todas las características y combinaciones de características mencionadas anteriormente en la descripción, así como las características y combinaciones de características indicadas a continuación en la descripción de las figuras pueden usarse no sólo en la combinación particular indicada sino también en otras combinaciones, o por su cuenta.

La invención se describe ahora más a fondo en base a un ejemplo de ejecución preferente, como también con referencia a los dibujos adjuntos.

Muestran:

FIG 1 en representación esquemática un sistema de circuito conforme al estado actual de la técnica;

FIG 2 perfiles temporales de corrientes en el sistema de circuito conforme a la FIG 1;

FIG 3 en representación esquemática una instalación de transmisión con un sistema de circuito conforme a un modo de operación de la invención;

FIG 4 perfiles temporales de corrientes en el sistema de circuito conforme a la FIG 3; y

FIG 5 en representación esquemática una instalación de transmisión conforme a un modo de operación de la invención, donde se conectan varios módulos de conmutación juntos en serie.

En la FIG 3 se representa una instalación de transmisión de corriente continua de alta tensión 30 conforme a un modo de operación de la invención, que se denomina en lo sucesivo simplemente como instalación de transmisión. La instalación de transmisión 30 tiene una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión 31 (denominada en lo sucesivo como "línea de transmisión"), configurada para transmitir corrientes continuas a grandes intensidades de corriente a mayores distancias. Con una representación de flecha 32 se representa ejemplarmente la dirección del flujo de corriente de la trayectoria de la corriente principal, donde instalación de transmisión 30 es apropiada para desconectar la corriente eléctrica independientemente de su dirección de transmisión. Se pueden desconectar, por consiguiente, fundamentalmente corrientes bidireccionales. En la línea de transmisión 31 hay conmutadores eléctricos integrados, con lo que en la FIG 3, en la sección de línea representada se muestran dos conmutadores eléctricos 33, 34. Entre los conmutadores 33, 34 se encuentra un nodo 35. Mientras que el conmutador 33 se encuentra entre el nodo 35 por un lado y un nodo 36 por el otro, el conmutador 34 se dispone entre el nodo 35 por un lado y un nodo 37 por el otro.

A la instalación de transmisión 30 pertenece también un sistema de circuito 38, configurado en el ejemplo de ejecución como módulo de conmutación y/o célula de conmutación 39. El sistema de circuito 38 muestra una conexión y/o nodo del circuito 40, a través del cual se conecta el sistema de circuito 38 con el nodo 35. El nodo del circuito 40 está conectado aparte de esto a través de un primer diodo 41 con el nodo 36 así como a través de un segundo diodo 42 con el nodo 37. El nodo del circuito 40 está además conectado con los respectivos cátodos de los diodos 41, 42.

El sistema de circuito 38 contiene un circuito resonante LC 43, que consiste en una bobina 44 así como un condensador 45. Se trata aquí de un circuito en serie o un circuito resonante en serie que comprende la bobina 44 y el condensador. En paralelo al condensador 45 se conecta también un varistor 46. Aparte de esto, en paralelo al circuito resonante LC 43 se conecta un conmutador eléctrico 47 unidos, que en el ejemplo de ejecución es un tiristor.

La bobina 44 se conecta por consiguiente en serie al circuito en paralelo del varistor 46 y el condensador 45, y este circuito en serie completo se conecta en paralelo al tiristor 47.

El sistema de circuito 38 contiene también un elemento de conmutación controlable 48, que puede diseñarse en el ejemplo de ejecución como tiristor. A través del elemento de conmutación 48 puede conectarse el sistema de circuito 38 con el nodo 35 y/o el nodo del circuito 40 y de este modo con la línea de transmisión 31. El elemento de conmutación 48 une por consiguiente el nodo del circuito 40 con un nodo 49, en el que se reúnen por un lado la bobina 44 y por el otro el conmutador 47.

Por el otro lado se conectan el condensador 45 y el varistor 46 y el conmutador 47 a un potencial de referencia 50, que puede ser por ejemplo el potencial de tierra.

Para controlar el conmutador 47 así como el elemento de conmutación 48 se utiliza un dispositivo de control electrónico no representado a fondo en las Figuras. Este está dispuesto de manera que los dos conmutadores semiconductores 47, 48 son accionados en anti-paralelo, de forma que en cada instante en cada caso como máximo uno de los conmutadores semiconductores 47, 48 esté en estado de conducción. El modo de funcionamiento del sistema de circuito 38 se describe a continuación a fondo:

Con el sistema de circuito 38 puede producirse un pulso de corriente, que origina que la corriente que fluye por la línea de transmisión 31 se conecte brevemente en el sistema de circuito 38 y se reduzca por consiguiente la intensidad de la corriente en la línea de transmisión 31. Por consiguiente, puede forzarse un paso por cero de la corriente en la línea de transmisión 31, en el que los conmutadores eléctricos 33, 34 pueden abrirse de manera segura. La generación del pulso de corriente mediante el sistema de circuito 38 se lleva a cabo mediante el cierre del elemento de conmutación 48, aplicando por medio del dispositivo de control una señal de control a un terminal de control del elemento de conmutación 48. Antes de que este elemento de conmutación 48 sin embargo se cierre, se recarga primero el condensador 45. Esto se lleva a cabo de tal manera que el conmutador 47 se mantenga tanto en estado cerrado, hasta que el condensador 45 primero positivamente cargado pierda su carga a favor de la bobina 44 y entonces a continuación se recargue. En un condensador 45 recargado puede producirse por tanto un pulso de corriente con una claramente mayor amplitud en comparación con el estado actual de la técnica, con el mismo tamaño del condensador utilizado 45. La recarga del condensador 45 significa en este punto que el condensador 45 se carga con una tensión negativa, o sea con una polaridad invertida respecto a la línea de transmisión 41. Si se recarga el condensador 45, entonces puede cerrarse en cualquier momento el elemento de conmutación 48, para generar el pulso de corriente.

En la FIG 4 se representan los perfiles temporales de las corrientes en el sistema de circuito 38 conforme a la FIG 3. Sobre el eje Y se indica además generalmente la corriente I en kA, mientras que sobre el eje X se indica el tiempo t en milisegundos. En la FIG 4 se representan tanto una evolución 51 de la corriente a través del conmutador 47 como también una evolución 52 de la corriente a través del condensador 45, como también una evolución temporal 53 de la corriente a través del elemento de conmutación 48. Como se infiere de la FIG 4, primero se cierra el conmutador 47, de forma que el condensador 45 cargado primero positivamente pierda su carga a favor de la bobina 44, de forma que a través del condensador 45 fluya una corriente negativa, hasta que el condensador 45 esté recargado. En un condensador 45 recargado la carga total se almacena en el condensador 45, con polaridad negativa. Al recargar el condensador 45 fluye también una corriente positiva a través del conmutador 47 (comparar con la curva 51).

En un instante T1 el condensador 45 está por consiguiente recargado, y puede producirse el pulso de corriente. Ahora se abre el conmutador 47, y el dispositivo de control puede cerrar en cualquier momento el elemento de conmutación 48, para originar el acoplamiento de la corriente en el sistema de circuito 38. Si ahora el dispositivo de control cierra el elemento de conmutación 48, fluye carga eléctrica a través de la bobina 44 y el condensador 45, hasta que el condensador 45 está de nuevo cargado con tensión positiva. Esto puede reconocerse bien en base a la curva 52 en la FIG 4. La evolución positiva de la corriente a través del condensador 45, que corresponde a la curva 52 en la FIG 4, que representa el pulso de corriente generado. Este corresponde en su altura al pulso de corriente conforme a la FIG 2, y esto para un tamaño claramente menor del condensador 45 respecto al condensador 14 conforme a la FIG 1. Mientras que en el ejemplo conforme a la FIG 2 se usa un condensador 14 con una capacidad de 316 mF, la capacidad del condensador 45 conforme a la FIG 3 asciende únicamente a 79 mF. Por un lado, de este modo se puede producir en un condensador mucho más pequeño y por lo tanto más económico 45, un mismo pulso de corriente en el sistema de circuito 38; por la otra parte fluye a través del tiristor 47 en comparación con el estado actual de la técnica también una menor corriente, de modo que la carga del tiristor 47 es mucho menor (es decir, en un factor mayor de 2) que en el tiristor 15 de la figura 2. Si se dejara por el otro lado, la capacidad del condensador 45 igual que en el estado actual de la técnica anterior, se podría generar un pulso de corriente más del doble, o sea de alrededor de 180 kA, es decir, en comparación con 75 kA.

Con referencia adicional a la figura 4 fluye incluso cuando el condensador 45 está cargado a través del elemento de conmutación 48 en adelante la corriente eléctrica (curva 53 conforme a la figura 4), es decir, debido al varistor 46.

Las curvas mostradas en la figura 4 se producen cuando se utiliza un condensador 45 con una capacidad de 79 mF. La corriente máxima a través del conmutador 47 es de 82 kA, y el pulso de corriente efectivo tiene la amplitud de 78 kA. Esta amplitud es comparable al máximo 22 según la figura 2, con lo que debe tenerse en cuenta en este punto

que en el ejemplo mostrado en la figura 2 se utilizó un condensador significativamente más grande 14, es decir, un condensador con una capacidad de 316 mF (en comparación con los 79 mF del condensador 45 conforme a la figura 3).

5 Como se infiere de la figura 5, se pueden usar entre el nodo 35 y el potencial de referencia 50 también varias de estas disposiciones de conmutación 38 y/o varias de tales células de conmutación 39. El número de disposiciones de conmutación 38 empleadas depende además preferentemente de la tensión utilizada en la línea de transmisión 31. Las células de conmutación individuales 39 se pueden activar todas o individualmente o en un grupo cualquiera. Esto significa particularmente que también puede activarse simultáneamente un subconjunto predefinible de células de conmutación 39. De este modo puede ajustarse el pulso de corriente fácilmente a la corriente real a separar.

10 En resumen, por lo tanto, cabe señalar que en comparación con el sistema de circuito 1 conforme al estado actual de la técnica (FIG 1) en el sistema de circuito 38 propuesto para la generación de un pulso de corriente el diodo 18 se sustituye por el elemento de conmutación 48 conmutable. La resistencia 17 es superflua y se puede eliminar. Para limitar el aumento de corriente se coloca en serie con el condensador 45 la bobina 44. El circuito resonante LC
15 43 es por tanto un circuito resonante en serie que limita el aumento de la corriente de los dos conmutadores semiconductores 47, 48. La diferencia respecto al estado actual de la técnica es, por lo tanto, que a causa del elemento de conmutación adicional 48, el condensador 45 se puede cargar primero completamente a la tensión negativa y por lo tanto para la misma capacidad hay más carga disponible para el pulso de corriente. Para un pulso de corriente comparable puede usarse por lo tanto una capacidad significativamente menor (aproximadamente un factor de 4, dependiendo del escenario). El tamaño de la capacidad depende directamente de la energía a absorber
20 en la desconexión, de modo que esta también se pueda reducir mediante el nuevo concepto.

Aparte de esto, un menor valor nominal de capacidad reduce claramente el tamaño constructivo del condensador de alta tensión 45.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de circuito (38) para reducir la intensidad de corriente de una corriente eléctrica que fluye en una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31), en particular para generar un paso por cero de la corriente, que comprende:
- 5 - un nodo del circuito (40) para conectar con la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31),
- un circuito resonante LC (43) conectado entre el nodo del circuito (40) y un potencial de referencia (50) para generar un pulso de corriente de la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31) a través del sistema de circuito (38) al potencial de referencia (50), donde el circuito resonante LC (43) presenta un condensador (45) y una bobina (44), y
- 10 - un elemento de conmutación (48) acoplado entre el nodo del circuito (40) y el circuito resonante LC (43) para acoplar la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31) con el circuito resonante LC (43),
- caracterizado porque el elemento de conmutación (48) es un elemento de conmutación (48) controlable con una conexión de control.
- 15 2. Sistema de circuito (38) según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento de conmutación (48) es un tiristor, un IGBT o un IGCT.
3. Sistema de circuito (38) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el circuito resonante LC (43) es un circuito resonante en serie.
4. Sistema de circuito (38) según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque el sistema de circuito (38) presenta un dispositivo de control, configurado para, antes del cierre del elemento de conmutación (48), producir primero una recarga del condensador (45).
- 20 5. Sistema de circuito (38) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en paralelo al circuito resonante LC (43) se acopla un conmutador eléctrico (47) separado del elemento de conmutación (48).
6. Sistema de circuito (38) según la reivindicación 5, caracterizado porque el sistema de circuito (38) presenta un dispositivo de control, diseñado para accionar el elemento de conmutación (48) y el conmutador (47), de tal manera que en cada caso se conmute máximo opcionalmente o bien sólo el conmutador (47) o sólo el elemento de conmutación (48).
- 25 7. Sistema de circuito (38) según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque se conmuta una resistencia (46), en particular un varistor, en paralelo al condensador (45).
8. Instalación de transmisión de corriente continua de alta tensión (30) que comprende una línea para transmitir una corriente eléctrica, con un conmutador eléctrico (33, 34) que está integrado en la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31) para interrumpir un circuito en la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31), y que comprende un sistema de circuito (38) según una de las anteriores reivindicaciones conectado con la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31).
- 30 9. Instalación de transmisión de corriente continua de alta tensión (30) según la reivindicación 8, caracterizado porque el sistema de circuito (38) se configura como módulo de conmutación (39) y al menos dos de estos módulos de conmutación (39) se conectan en serie entre la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31) y el potencial de referencia (50).
- 35 10. Procedimiento para reducir la intensidad de corriente de una corriente eléctrica, transmitida a través de una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31), con la ayuda de un sistema de circuito eléctrico (38), conectado, a través de un nodo del circuito (40), con la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31), en donde para reducir la intensidad de corriente se produce un pulso de corriente en el sistema de circuito (38) por medio de un circuito resonante LC conectado entre el nodo del circuito (40) y un potencial de referencia (50), gracias a que la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31) se conecta a través de un elemento de conmutación (48) con el circuito resonante LC (43), caracterizado porque mediante un dispositivo de control en
- 40 una conexión de control del elemento de conmutación (48) se proporciona una señal de control, mediante la cual se conmuta el elemento de conmutación (48) y de este modo se conecta la línea de transmisión de corriente continua de alta tensión (31) con el circuito resonante LC (43) para generar el pulso de corriente.
- 45

FIG 1

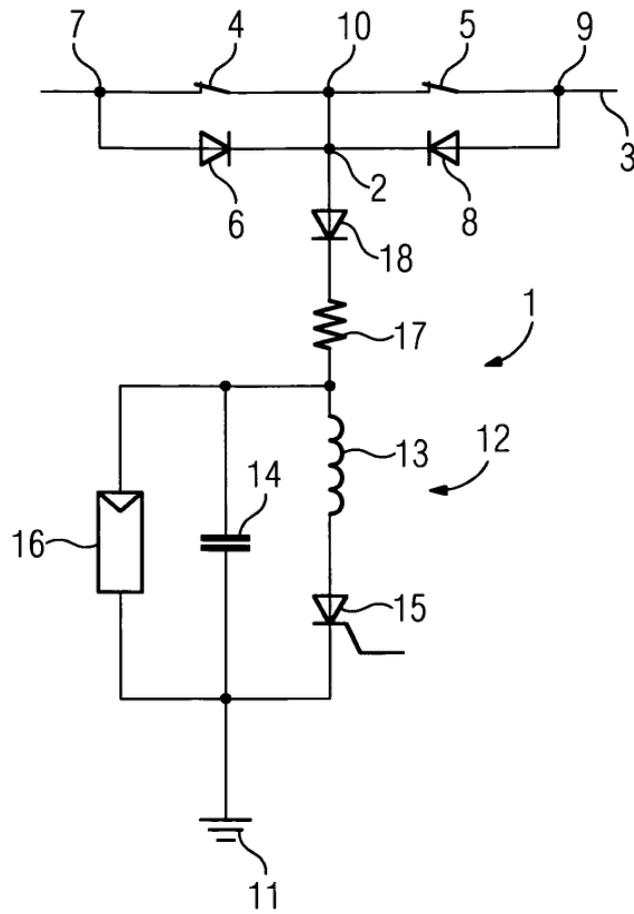


FIG 2

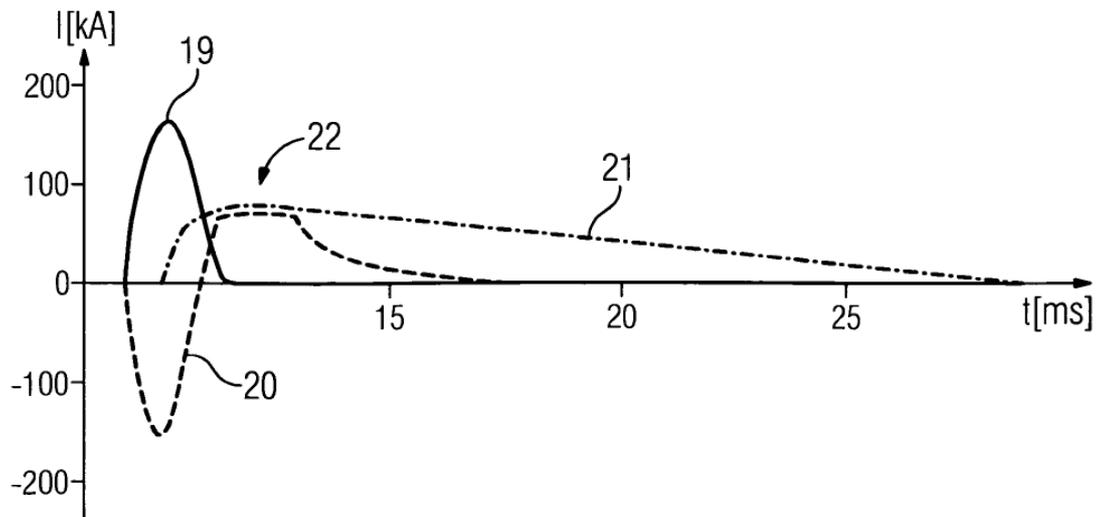


FIG 3

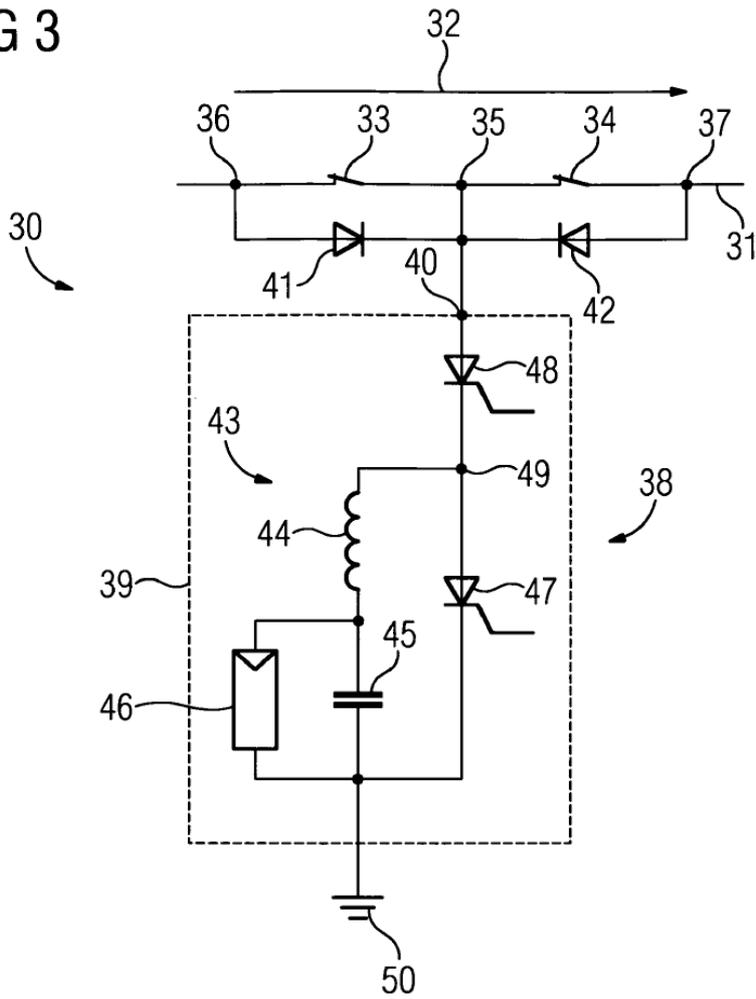


FIG 4

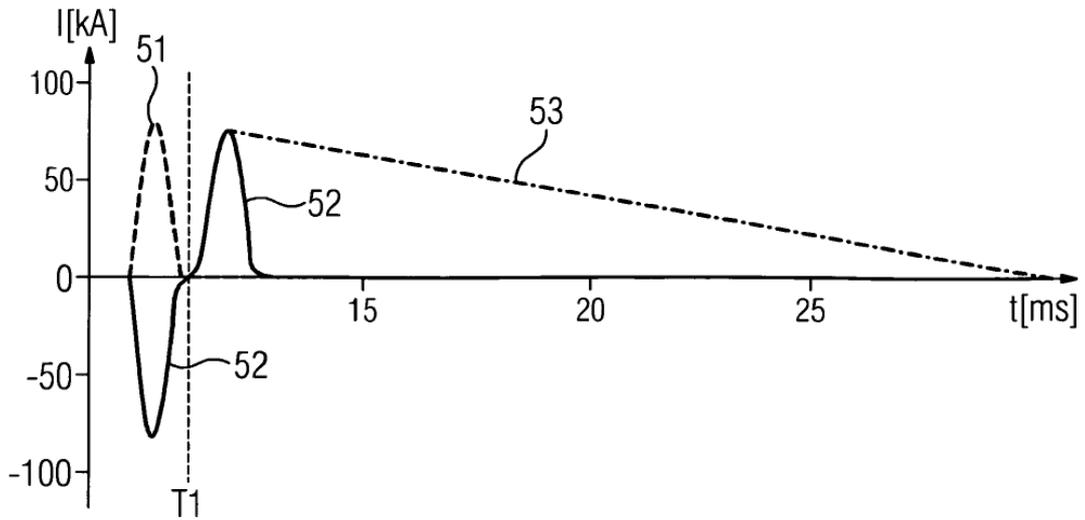


FIG 5

