

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 184**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/12** (2006.01)

**H02M 7/483** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2014** **E 14162800 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020** **EP 2928056**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para accionar un convertidor de corriente modular con pendiente de flanco ajustable de los procesos de conmutación en los submódulos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.11.2020**

73 Titular/es:  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Werner-von-Siemens-Straße 1**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:  
**FRIEDRICH, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 792 184 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 y dispositivo para accionar un convertidor de corriente modular con pendiente de flanco ajustable de los procesos de conmutación en los submódulos

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para accionar un convertidor de corriente modular con una pluralidad de submódulos, donde el convertidor de corriente modular genera una tensión alterna mediante operaciones de conmutación de semiconductores de potencia de los submódulos en al menos un terminal del lado de la tensión alterna. La invención se refiere además a un convertidor de corriente modular para la aplicación del procedimiento mencionado.

10 Los convertidores de corriente se utilizan para transformar la potencia eléctrica en lo relativo al nivel de la tensión, el nivel de la corriente, la frecuencia y la posición de fase. Los convertidores de corriente para la transformación de tensión alterna en tensión continua, o bien, de corriente alterna en corriente continua, se denominan rectificadores. Por otro lado, los convertidores de corriente para la transformación de tensión continua en tensión alterna, o bien, de corriente continua en corriente alterna, se denominan inversores. Los convertidores de corriente para la transformación de potencias con tensiones/corrientes de una frecuencia en otra frecuencia se denominan convertidores (de frecuencia). En estos convertidores (de frecuencia), la transformación se produce a través de que en primer lugar se genere una tensión continua o una corriente continua y que, a continuación, tenga lugar una transformación a la forma de tensión o forma de corriente deseada con la amplitud, la frecuencia y la posición de fase correspondientes.

15 Para la consecución de los objetivos descritos anteriormente, el convertidor de corriente genera a partir de una tensión continua en el circuito intermedio una tensión alterna en el al menos un terminal del lado de la tensión alterna. Esta generación de tensión se produce mediante operaciones de conmutación de semiconductores de potencia en el interior del convertidor de corriente. De este modo, se puede generar prácticamente cualquier tensión alterna en cuanto al nivel de la tensión, la frecuencia y la posición de fase. Este procedimiento de la generación de tensión descrita se aplica tanto para el funcionamiento como rectificador como para el funcionamiento como inversor.

20 Los convertidores de corriente modulares se utilizan en aplicaciones con tensiones más elevadas (media tensión/alta tensión) o dándose requisitos relativos a la compatibilidad electromagnética particularmente exigentes. Estos convertidores de corriente presentan una pluralidad de submódulos que permiten generar la tensión de salida de forma escalonada. Con ello, se puede generar una buena aproximación a una evolución sinusoidal que, en comparación con los convertidores de corriente de 2 puntos o 3 puntos, solo necesite un circuito de filtrado notablemente más pequeño. Los escalones individuales pueden además generarse con frecuencia de impulsos utilizándose la modulación de la duración de los impulsos. A este respecto, se conmuta con alta frecuencia entre dos o más estados de conmutación de un submódulo para poner en práctica de promedio temporal un valor de la tensión determinado. Debido a los procesos de conmutación, este procedimiento genera pérdidas eléctricas considerablemente más elevadas y provoca componentes armónicos en la tensión de salida. Este procedimiento se utiliza en particular en la técnica de propulsión con la utilización de convertidores de corriente modulares. Debido a la gran cantidad de submódulos en los convertidores de corriente modulares, las aplicaciones en el suministro de energía utilizan la mayoría de las veces la mera forma escalonada sin la utilización de la modulación de la duración de los impulsos para generar la tensión alterna deseada.

25 El convertidor multinivel modular (M2C) constituye una forma de realización de un convertidor de corriente modular. Este se conoce ya a partir del documento DE 101 030 31 A1. En esta estructura, se puede generar una tensión de salida con pocos componentes armónicos, ya que la tensión de salida generada con el convertidor de corriente multinivel modular representa una forma escalonada. Es posible poner en práctica filtros para la eliminación de los componentes armónicos en este convertidor de corriente de manera particularmente reducida y con poca complejidad.

30 Por el documento WO 2011/124260 A1, se conoce un convertidor para su aplicación en una transmisión de corriente continua de alta tensión o una compensación de la potencia reactiva. Este convertidor comprende al menos un convertidor de cadena que está dispuesto entre red de CA y de CC. El convertidor de cadena contiene un primer y un segundo grupo de módulos que están dispuestos en serie, donde los módulos individuales presentan una pluralidad de elementos de conexión primarios que están conectados con al menos un almacenador de energía. Los elementos de conexión primarios son aquí dirigibles de tal modo que la cadena de módulos en serie puede proporcionar una fuente de tensión variable escalonada.

35 El objetivo de la presente invención consiste en indicar un procedimiento para accionar un convertidor de corriente modular que reproduzca con la mayor exactitud posible la forma de la tensión deseada de una tensión alterna y que a la vez adolezca de las menores pérdidas eléctricas posibles y presente una fracción pequeña de componentes armónicos.

40 Este objetivo se consigue mediante un procedimiento para accionar un convertidor de corriente modular con una pluralidad de submódulos, donde el convertidor de corriente modular genera una tensión alterna mediante operaciones de conmutación de semiconductores de potencia de los submódulos en al menos un terminal del lado de la tensión alterna a través de que se produzca una conmutación entre una primera tensión y una segunda tensión mediante las operaciones de conmutación de los semiconductores de potencia de los submódulos con una pendiente de flanco distinta.

45 Dicho objetivo se consigue también mediante un convertidor de corriente modular con una pluralidad de submódulos para la aplicación del procedimiento según la invención.

Por consiguiente, la invención se refiere a un procedimiento para accionar un convertidor de corriente modular con una pluralidad de submódulos según la reivindicación 1 y a un convertidor de corriente modular correspondiente a aquel según la reivindicación 8. En las reivindicaciones dependientes están definidas formas de realización ventajosas.

5 La invención se basa en el conocimiento consistente en que la forma de la tensión de la tensión alterna de un terminal del lado de la tensión alterna de un convertidor de corriente modular se pueda optimizar modificándose la conmutación de las tensiones en los submódulos en el sentido de que esta se efectúe con una pendiente de flanco reducida. De este modo, la forma escalonada de la tensión alterna se transforma en una progresión más continua mediante la supresión de los flancos casi perpendiculares. Mediante este procedimiento, es posible reproducir con mayor exactitud la forma de la tensión deseada.

10 En los convertidores de corriente modulares con submódulos, la tensión se forma en el terminal del lado de la tensión alterna mediante la combinación de tensiones en los submódulos. La modificación de la tensión del terminal del lado de la tensión alterna se ocasiona mediante operaciones de conmutación en los submódulos. Mediante estas operaciones de conmutación, se modifica la tensión en los bornes del submódulo. Los submódulos optimizados en una pérdida de potencia baja conmutan hasta el momento con una velocidad de conmutación muy elevada; es decir, la conmutación de una primera tensión a una segunda tensión que le sigue se produce con la mayor pendiente de flanco posible. El procedimiento según la invención se basa en poner en práctica la conmutación de la primera tensión a la segunda tensión a través de un comportamiento en función del tiempo que presente una menor pendiente. El comportamiento en función del tiempo para el proceso de conmutación entre una primera tensión y una segunda tensión puede corresponderse aquí con una rampa o un comportamiento PT1. En principio, aquí se pueden llevar a cabo las más diversas funciones de transición. En este sentido, la menor pendiente de flanco en la tensión en los bornes del submódulo puede obtenerse mediante un comportamiento de conmutación correspondientemente lento de los semiconductores de potencia, o en el submódulo por el lado de la salida junto a los bornes puede preverse un circuito que provoque un comportamiento de conmutación correspondiente en los bornes del submódulo.

25 Además de conmutarse un submódulo con un pendiente de flanco ajustable, también se ha demostrado que es conveniente conmutar simultáneamente varios submódulos de un módulo de fase. Aquí, se superponen dos o más pendientes de flanco distintas en una pendiente de flanco resultante. A este respecto, la activación de los submódulos puede producirse también con desfase temporal de tal modo que el primer proceso de conmutación no haya finalizado todavía; es decir, que no se haya alcanzado todavía la segunda tensión antes de que comience el segundo proceso de conmutación. Con esta superposición de flancos de conmutación, es posible de manera particularmente sencilla generar pendientes de flanco con pendiente particularmente reducida sin tener que aceptar al hacerlo pérdidas por conmutación elevadas.

30 No es necesario forzosamente que el proceso de conmutación de una primera tensión a una segunda tensión tenga que haber finalizado antes de que se realice otra operación de conmutación para este submódulo. También puede preverse ya una nueva operación de conmutación antes de la finalización de una primera operación de conmutación.

35 Prescindiéndose de una activación de frecuencia de impulsos de los semiconductores de potencia, se obtiene una notable simplificación de la comunicación, ya que no se tienen que transmitir (comunicación de frecuencia fundamental) señales de alta frecuencia (frecuencia de impulsos).

40 En la pluralidad de submódulos se trata de al menos dos submódulos por cada fase del convertidor de corriente. En la aplicación de un convertidor de corriente M2C, este convertidor presenta por cada fase de convertidor de corriente exactamente dos válvulas de convertidor de corriente con al menos dos submódulos en cada caso. Con ello, una fase de convertidor de corriente de un convertidor de corriente M2C comprende al menos cuatro submódulos por cada fase de convertidor de corriente.

45 Debido a la forma sinusoidal generable en los terminales del lado de la tensión alterna, este circuito de convertidor de corriente también es particularmente apropiado para fines de medición y de prueba que tengan una exigencia particularmente elevada en cuanto a la forma de la tensión de una fuente de tensión.

En las reivindicaciones dependientes se indican formas de realización ventajosas de la invención.

50 En una forma de realización ventajosa, la conmutación entre la primera tensión y la segunda tensión se produce mediante las operaciones de conmutación de los semiconductores de potencia de los submódulos con pendiente de flanco predeterminable. A este respecto, se ha demostrado que es particularmente ventajoso prever para este procedimiento semiconductores de potencia cuyo comportamiento de conmutación se pueda influenciar mediante la utilización de circuitos de excitación inteligentes. Aquí, el circuito de excitación, denominado también circuito de activación, está previsto para configurar de manera variable el comportamiento de conmutación y, en particular, la pendiente del proceso de conmutación. De este modo, se puede influenciar de manera dirigida la evolución de la tensión en los bornes del submódulo durante el proceso de conmutación. Asimismo, ha resultado ser ventajoso si este circuito de excitación presenta una interfaz con la regulación/dirección superior, la cual transmita información acerca del comportamiento de conmutación que se va a poner en práctica. Con ello, la modificación de la tensión aplicada en los bornes del submódulo en una operación de conmutación de uno o más semiconductores de potencia del submódulo se produce con una pendiente de flanco predeterminable.

5 En otra forma de realización ventajosa, la pendiente de flanco de la conmutación entre la primera tensión y la segunda tensión se predetermina, dirige o regula mediante las operaciones de conmutación de los semiconductores de potencia de los submódulos de tal modo que la tensión alterna en el terminal del lado de la tensión alterna se aproxima a la progresión de una tensión de referencia predeterminable. Mediante la predeterminación de una tensión de referencia que  
10 haya de ajustarse en el terminal del lado de la tensión alterna del convertidor de corriente modular, la dirección/regulación tiene la posibilidad de determinar las pendientes de flanco necesarias para la puesta en práctica de la evolución de la tensión y llevarlas a cabo a través de los circuitos de excitación. Con ello, se puede dirigir la evolución de la tensión de la tensión alterna en el terminal del lado de la tensión alterna. Asimismo, es posible utilizar valores de medición como, por ejemplo, la tensión en el terminal del lado de la tensión alterna para realizar de manera regulada la predeterminación de la pendiente de flanco en dependencia del valor de medición y/o de la tensión de referencia.

En otra forma de realización ventajosa, la pendiente de flanco de la conmutación entre la primera tensión y la segunda tensión se predetermina, dirige o regula mediante las operaciones de conmutación de los semiconductores de potencia de los submódulos de tal modo que la tensión alterna en el terminal del lado de la tensión alterna se aproxima a una progresión sinusoidal.

15 La progresión sinusoidal es una progresión típica de la tensión alterna en el terminal del lado de la tensión alterna de un convertidor de corriente. Por lo tanto, es conveniente optimizar el procedimiento en cuanto a la puesta en práctica de una tensión de salida sinusoidal. Gracias a una progresión sinusoidal en la mayor medida posible, es posible prescindir de un filtro para la eliminación de fracciones perturbadoras como, por ejemplo, los componentes armónicos.

20 En otra forma de realización ventajosa, la selección de los submódulos para las operaciones de conmutación se realiza en función de la temperatura de los semiconductores de potencia de los submódulos y de una pérdida de potencia esperada, pronosticada o calculada de los siguientes procesos de conmutación, de tal modo que la evolución de la temperatura de los submódulos, en concreto la evolución de la temperatura de los semiconductores de potencia de los submódulos, es igual de promedio temporal. Debido a las diferentes pendientes de flanco, se producen diferentes pérdidas eléctricas en los submódulos durante el funcionamiento del convertidor de corriente modular. Gracias a la distribución  
25 uniforme de las operaciones de conmutación con mayores pérdidas debido a la menor pendiente de flanco entre los submódulos particulares, se puede conseguir una distribución uniforme de las pérdidas y, con ella, una distribución del calentamiento uniforme de promedio temporal. Las temperaturas de los submódulos que se ajustan de promedio temporal, en particular, la temperatura de los semiconductores de potencia en la capa de barrera son entonces aproximadamente iguales en todos los submódulos.

30 En otra forma de realización ventajosa, el convertidor de corriente presenta al menos un módulo de fase que comprende una conexión en serie de submódulos, donde una conexión entre dos de los submódulos conectados en serie constituye el terminal del lado de la tensión alterna. Por "módulo de fase" ha de entenderse una disposición que esté conectada eléctricamente con el circuito intermedio y presente una conexión en serie de submódulos. Asimismo, el módulo de fase comprende además un terminal del lado de la tensión alterna en el que se aplica la tensión alterna de la fase correspondiente del convertidor de corriente. Mediante la conexión en serie de los submódulos, esta estructura es apropiada especialmente para la aplicación del procedimiento según la invención de la generación de diferentes flancos de conmutación, ya que un convertidor de corriente modular de este tipo es accionable de manera escalonada y el procedimiento según la invención modifica los escalones de tal modo que la tensión alterna en el terminal del lado de la tensión alterna se aproxime a una evolución de la tensión predeterminable, en particular, a una evolución sinusoidal.

40 En otra forma de realización ventajosa, el convertidor de corriente modular presenta

- un terminal de tensión continua,
- al menos un terminal del lado de la tensión alterna y
- al menos un módulo de fase,

45 donde el módulo de fase presenta una conexión en serie de una primera y una segunda válvula de convertidor de corriente, donde una conexión eléctrica entre la primera y la segunda válvula de convertidor de corriente constituye el terminal del lado de la tensión alterna, donde los terminales del módulo de fase están conectados eléctricamente con el terminal de tensión continua, donde la primera y la segunda válvula de convertidor de corriente presentan en cada caso al menos dos de los submódulos que están dispuestos eléctricamente en serie, donde los submódulos presentan al menos un condensador y al menos un semiconductor de potencia. El procedimiento según la invención es apropiado en particular  
50 para el convertidor M2C que se describe mediante las características mencionadas anteriormente. El convertidor es apropiado tanto para aplicaciones de propulsión como para su empalme a una red de suministro de energía. Los submódulos del convertidor son activados por una regulación que puede asumir fácilmente también la regulación/dirección de las pendientes de flanco. Mediante el procedimiento según la invención, se puede prescindir de una activación con frecuencia de impulsos en superestructuras con pocos submódulos, tal y como se utilizan en la técnica de propulsión.  
55 También en el funcionamiento con una tensión escalonada como, por ejemplo, en aplicaciones en redes de suministro de energía para la transmisión de energía, por ejemplo, transmisión de corriente continua de alta tensión (HGÜ), la compensación de la potencia reactiva o el filtrado activo, se puede mejorar parcialmente o, incluso, considerablemente la evolución de la tensión sin aumentar la cantidad de submódulos.

En otra forma de realización ventajosa, los submódulos individuales de cada válvula de convertidor de corriente presentan en cada caso una pendiente de flanco distinta, ajustada de manera fija, al conmutar entre la primera tensión y la segunda tensión. En esta disposición no resulta la pendiente de la tensión distinta como consecuencia de las distintas señales de activación del circuito de excitación. En esta estructura, a cada submódulo se le predetermina de manera fija una  
 5 pendiente de flanco determinada al conmutar. Esto puede efectuarse mediante un valor fijo en el circuito de excitación o estar ya fijado por la estructura del hardware. También se presenta la utilización de semiconductores de potencia con diferente característica de conmutación que provoque un comportamiento de conmutación diferente del semiconductor de potencia. Como alternativa, con un mismo comportamiento de conmutación de los semiconductores de potencia se puede utilizar una estructura diferente de los submódulos. Un proceso de conmutación rápido a través de los semiconductores  
 10 de potencia puede transmitirse con retardo a los terminales del submódulo a través de un circuito apropiado. El retardo puede ejecutarse, por ejemplo, mediante un comportamiento PT1 o la formación de una rampa.

A continuación, se describe y explica más detalladamente la invención por medio de los ejemplos de realización representados en las figuras. Muestran:

- FIGURA 1 una fase de un convertidor de corriente modular según la invención
- 15 FIGURA 2 un convertidor de corriente modular según la invención trifásico
- FIGURA 3 un submódulo del convertidor de corriente modular
- FIGURA 4 una evolución temporal de la operación de conmutación de un submódulo con aplicación del procedimiento según la invención
- FIGURA 5 una evolución temporal de la tensión alterna del convertidor de corriente modular y
- 20 FIGURA 6 otra evolución temporal de la tensión alterna del convertidor de corriente modular.

La FIGURA 1 muestra un ejemplo de realización de un convertidor de corriente multinivel modular (M2C). Este está realizado en este ejemplo de realización con un terminal 12 del lado de la tensión alterna. En el lado de la tensión continua, este convertidor de corriente 1 modular presenta un terminal de tensión continua 13. El terminal de tensión continua 13 comprende un terminal positivo y uno negativo. El módulo de fase 10 está conectado con sus terminales 14 con el circuito intermedio 15. El módulo de fase 10 comprende una conexión en serie de una primera válvula de convertidor de corriente 11a y una segunda válvula de convertidor de corriente 11b. Las válvulas de convertidor de corriente 11a y 11b individuales presentan una conexión en serie de submódulos 20. El punto de conexión entre la primera válvula de convertidor de corriente 11a y la segunda válvula de convertidor de corriente 11b constituye el terminal 12 del lado alterno. Para la regulación de las corrientes, se ha demostrado que es positivo si entre el terminal 12 del lado de la tensión alterna y las dos vías de corriente del circuito intermedio 15 están dispuestos inductores en cada caso. Estos no están representados en la FIGURA 1. Su objetivo es mejorar la posibilidad de regulación de las corrientes del convertidor de corriente multinivel modular. El convertidor de corriente 1 modular representado en la FIGURA 1 puede ampliarse de manera sencilla mediante la conexión en paralelo de otros módulos de fase 10 al módulo de fase 10 ya existente alrededor de otros terminales 12 del lado de la tensión alterna.

La FIGURA 2 muestra otro ejemplo de realización del convertidor de corriente 1 modular según la invención. Para la evitación de repeticiones con respecto a los componentes coincidentes del convertidor de corriente 1, se remite a la descripción de la FIGURA 1 y a los símbolos de referencia incluidos en esta. En contraposición al ejemplo de realización anterior, esta estructura del convertidor de corriente 1 modular, que también se corresponde de nuevo con un convertidor de corriente M2C, está realizada con terminales 12 del lado de la tensión alterna trifásicos. Estos son apropiados especialmente para su empalme a una red de suministro de energía. A este respecto, la red de suministro de energía representa una red de corriente trifásica. Del mismo modo, con los tres terminales 12 del lado de la tensión alterna se pueden alimentar consumidores eléctricos como, por ejemplo, motores, que para el control de su número de revoluciones y de su momento de torsión requieran una fuente de tensión variable en el nivel de la tensión y la frecuencia. Debido a la evolución de la tensión en la salida, que puede reproducir una progresión sinusoidal suficientemente bien, estos consumidores pueden accionarse sin un circuito de filtrado.

La FIGURA 3 muestra la estructura de un submódulo 20 con una conexión de medio puente. La conexión de medio puente presenta una conexión en serie de dos semiconductores de potencia 41. Los semiconductores de potencia 41 comprenden a su vez una conexión en paralelo de un interruptor semiconductor de potencia desconectable y un diodo conectado en antiparalelo a aquel. En paralelo a la conexión en serie de los dos semiconductores de potencia 41 está dispuesto un condensador 42. En los bornes de terminal 43 del submódulo 20, se puede generar la tensión 0 o la tensión del condensador 42 en función del estado de conmutación de los semiconductores de potencia 41. A este respecto, un borne de terminal 43 del submódulo está conectado con el punto de conexión de los dos semiconductores de potencia 41 conectados en serie. El segundo borne de terminal del submódulo 20 está conectado con un punto terminal de la conexión en serie de los dos semiconductores de potencia 41. Entre los bornes de terminal y el semiconductor puede incorporarse un circuito para la reducción de la pendiente de flanco de la tensión en los bornes de terminal 43. En un caso sencillo, este se corresponde, por ejemplo, con un elemento RC, con el que se puede producir de manera sencilla un comportamiento PT1. También ha resultado ser ventajoso un circuito para la generación de una rampa.

La FIGURA 4 muestra la evolución temporal de la tensión  $U_{SM}$  en los bornes de terminal 43 del submódulo 20 durante la conmutación entre una primera tensión 51 y una segunda tensión 52. En los submódulos ya conocidos, la conmutación se produce rápidamente con una gran pendiente de flanco. Esto se representa en la FIGURA 5 como línea discontinua. Con un flanco de conmutación perpendicular ideal, la pérdida de potencia del proceso de conmutación es igual a cero. Con el procedimiento según la invención, se reduce la pendiente del flanco de conmutación, denominada también pendiente de flanco 53. Es decir, se aplanan la evolución temporal de la conmutación. Con esta pendiente de flanco 53 reducida, se puede generar con facilidad la progresión de la tensión deseada en el terminal 12 del lado de la tensión alterna del convertidor de corriente 1 modular. Para ello, también se pueden asumir las mayores pérdidas eléctricas del proceso de conmutación, ya que mediante este procedimiento es generable aproximadamente la evolución de la tensión deseada.

La transición representada en esta FIGURA 4 de la primera tensión 51 a la segunda tensión 52 está realizada como rampa. Además, se ha demostrado que son ventajosas otras evoluciones de la tensión para la transición como, por ejemplo, un comportamiento PT1.

La FIGURA 5 muestra la evolución temporal 60 de una tensión  $U_{SR}$  en el terminal 12 del lado de la tensión alterna del convertidor de corriente 1 modular. A este respecto, el convertidor de corriente 1 modular está realizado en este ejemplo de realización como convertidor de corriente M2C. Este presenta en las válvulas de convertidor de corriente 11a, 11b una conexión en serie de 8 submódulos en cada caso, de manera ideal con la misma tensión en el condensador 42 de los submódulos 20. Con ello, la tensión  $U_{SR}$  es reproducibile a través de 9 niveles de tensión. Estos aparecen representados en la FIGURA 5, constituyendo también la línea cero un nivel de tensión. La tensión de referencia 55 predeterminable, que ha de generarse en el terminal 12 del lado de la tensión alterna, representa una progresión sinusoidal. Puede observarse que con el procedimiento según la invención es generable una evolución temporal 60 que se corresponde aproximadamente con la tensión de referencia 55 predeterminable. Al menos la divergencia de la evolución temporal 60 de la tensión  $U_{SR}$  con respecto a la tensión de referencia es menor que en el caso de una generación de la tensión  $U_{SR}$  mediante una función escalonada, tal y como se conoce a partir del estado de la técnica. El grado de aproximación representa un compromiso entre pequeñas pendientes de flanco con las que, asumiéndose pérdidas eléctricas, se puede minimizar la divergencia con respecto a una tensión de referencia 55 predeterminable, y las pérdidas eléctricas del convertidor de corriente 1 modular. Para ello, la FIGURA 6 muestra otra evolución temporal 60 de la tensión  $U_{SR}$  en el terminal 12 del lado de la tensión alterna del convertidor de corriente 1 modular. Esta difiere de la evolución temporal 60 de la FIGURA 5 en que los submódulos 20 utilizados en la FIGURA 6 se accionan con una menor pendiente de flanco 53. Gracias a esta menor pendiente de flanco 53, es posible reducir en mayor medida las divergencias con respecto a la tensión de referencia predeterminable. No obstante, como consecuencia de los procesos de conmutación de los semiconductores de potencia 41 con menor pendiente de flanco, las pérdidas aumentan en comparación con el ejemplo de realización de la FIGURA 5.

También ha resultado ser ventajoso si, como otra alternativa, toda la evolución temporal 60 de la tensión  $U_{SR}$  en el terminal 12 del lado de la tensión alterna presenta solo flancos y ninguna fracción constante al menos por tramos. Por "fracciones constantes" se entienden intervalos de tiempo que tengan una evolución temporal horizontal.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para accionar un convertidor de corriente (1) modular con una pluralidad de submódulos (20), donde el convertidor de corriente (1) modular genera una tensión alterna mediante operaciones de conmutación de semiconductores de potencia (41) de los submódulos (20) en al menos un terminal (12) del lado de la tensión alterna, y se produce una conmutación entre una primera tensión (51) y una segunda tensión (52) mediante las operaciones de conmutación de los semiconductores de potencia (41) de los submódulos (20) con una pendiente de flanco (53) distinta, caracterizado porque la conmutación se produce mediante un comportamiento de conmutación correspondientemente lento de los semiconductores de potencia (41) de tal modo que el comportamiento en función del tiempo para el proceso de conmutación entre la primera tensión (51) y la segunda tensión (52) se corresponde con una rampa con progresión continua.
2. Procedimiento para accionar un convertidor de corriente (1) modular según la reivindicación 1, caracterizado porque la conmutación entre la primera tensión (51) y la segunda tensión (52) se produce mediante las operaciones de conmutación de los semiconductores de potencia (41) de los submódulos (41) con pendiente de flanco (53) predeterminada.
3. Procedimiento para accionar un convertidor de corriente (1) modular según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque la pendiente de flanco (53) de la conmutación entre la primera tensión (51) y la segunda tensión (52) se predetermina, dirige o regula mediante las operaciones de conmutación de los semiconductores de potencia (41) de los submódulos (20) de tal modo que la tensión alterna en el terminal (12) del lado de la tensión alterna se aproxima a la progresión de una tensión de referencia (55) predeterminable.
4. Procedimiento para accionar un convertidor de corriente (1) modular según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque la pendiente de flanco (53) de la conmutación entre la primera tensión (51) y la segunda tensión (52) se predetermina, dirige o regula mediante las operaciones de conmutación de los semiconductores de potencia (41) de los submódulos (20) de tal modo que la tensión alterna en el terminal (12) del lado de la tensión alterna se aproxima a una progresión sinusoidal.
5. Procedimiento para accionar un convertidor de corriente (1) modular según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la selección de los submódulos (20) para las operaciones de conmutación se realiza en función de la temperatura de los semiconductores de potencia de los submódulos y en función de una pérdida de potencia esperada, pronosticada o calculada de los siguientes procesos de conmutación, de tal modo que las temperaturas de los submódulos (20), en concreto las temperaturas de los semiconductores de potencia (41) de los submódulos (20), son iguales de promedio temporal durante el funcionamiento del convertidor de corriente (1) modular.
6. Procedimiento para accionar un convertidor de corriente (1) modular según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la pendiente del proceso de conmutación se modifica mediante el circuito de activación de los semiconductores de potencia (41).
7. Procedimiento para accionar un convertidor de corriente (1) modular según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la conmutación de las tensiones en los submódulos se modifica de tal modo que se suprimen los flancos perpendiculares.
8. Convertidor de corriente (1) modular con una pluralidad de submódulos (20) para la ejecución del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, donde el convertidor de corriente modular presenta
- un terminal de tensión continua (13),
  - al menos un terminal (12) del lado de la tensión alterna y
  - al menos un módulo de fase (10),
- donde el módulo de fase (10) presenta una conexión en serie de una primera y una segunda válvula de convertidor de corriente (11a, 11b), donde una conexión eléctrica entre la primera y la segunda válvula de convertidor de corriente (11a, 11b) constituye el terminal (12) del lado de la tensión alterna, donde terminales (14) del módulo de fase (10) están conectados eléctricamente con el terminal de tensión continua (13), donde la primera y la segunda válvula de convertidor de corriente (11a, 11b) presentan en cada caso al menos dos de los submódulos (20) que están dispuestos eléctricamente en serie, donde los submódulos (20) presentan al menos un condensador (42) y al menos dos semiconductores de potencia (41), donde los semiconductores de potencia están configurados de tal modo que se puede influenciar su comportamiento de conmutación mediante la utilización de circuitos de activación inteligentes, y estos circuitos de activación están realizados para configurar la conmutación entre la primera y la segunda tensión con pendiente variable, donde los submódulos presentan medios para la consecución de un comportamiento de conmutación lento de los semiconductores de potencia, y la conmutación de los semiconductores de potencia se produce a este respecto de tal modo que el comportamiento en función del tiempo para el proceso de conmutación entre la primera tensión y la segunda tensión se corresponde con una rampa con progresión continua.

9. Convertidor de corriente (1) modular según la reivindicación 8, donde los submódulos (20) presentan exactamente un condensador (42).

10. Convertidor de corriente (1) modular según la reivindicación 9, donde los submódulos (20) presentan exactamente dos semiconductores de potencia (41).

FIG 1

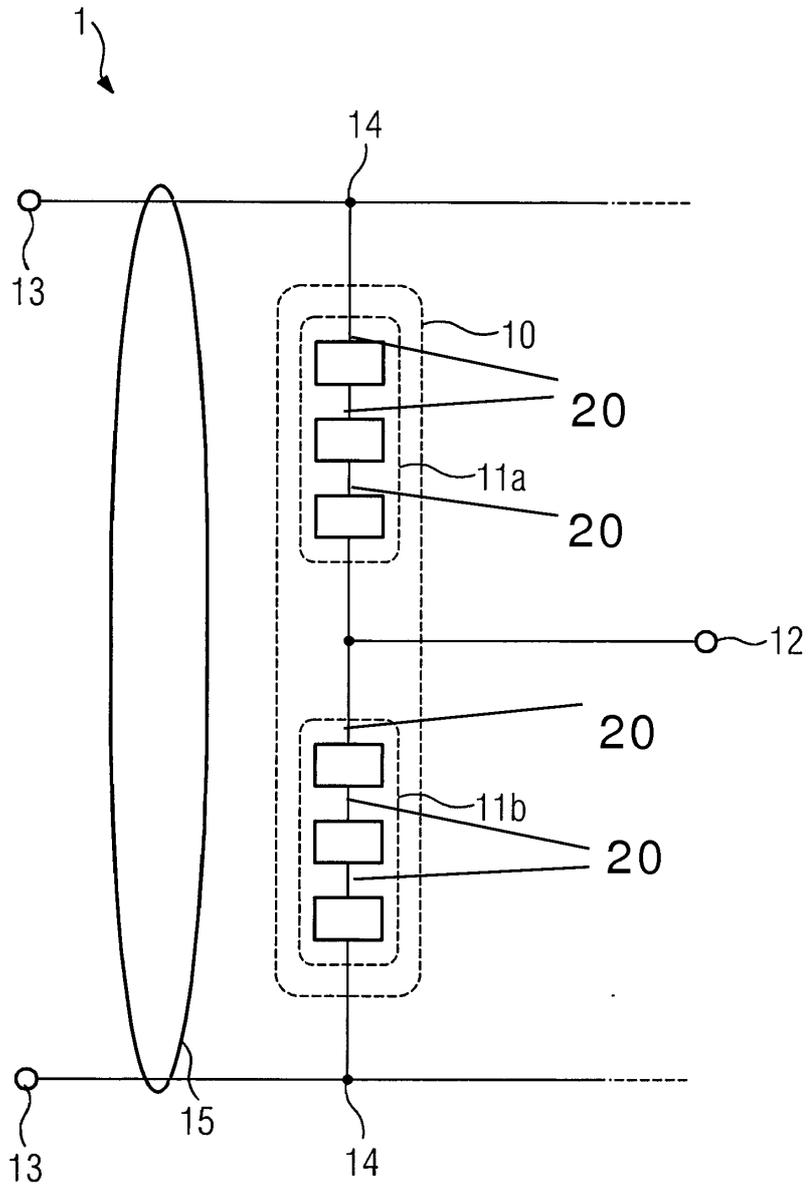


FIG 2

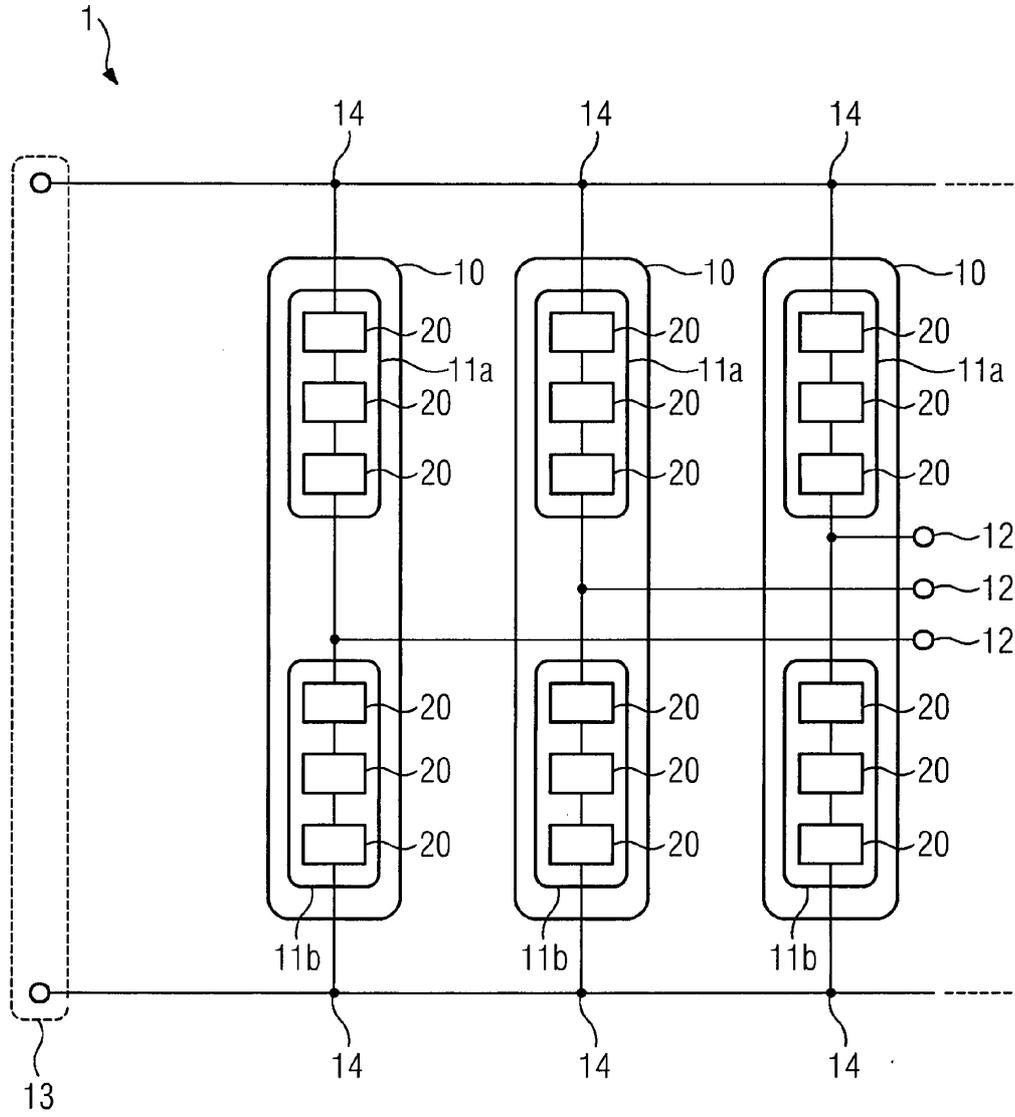


FIG 3

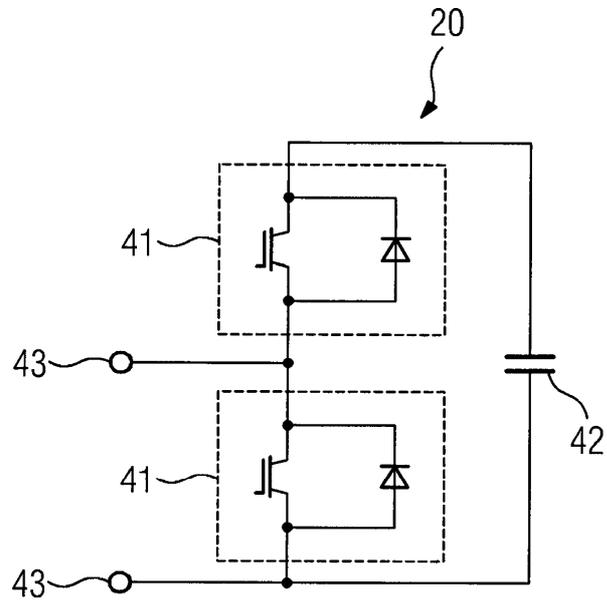


FIG 4

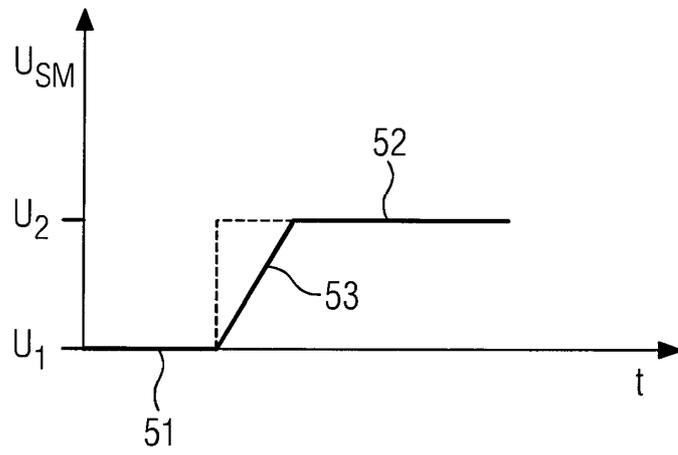


FIG 5

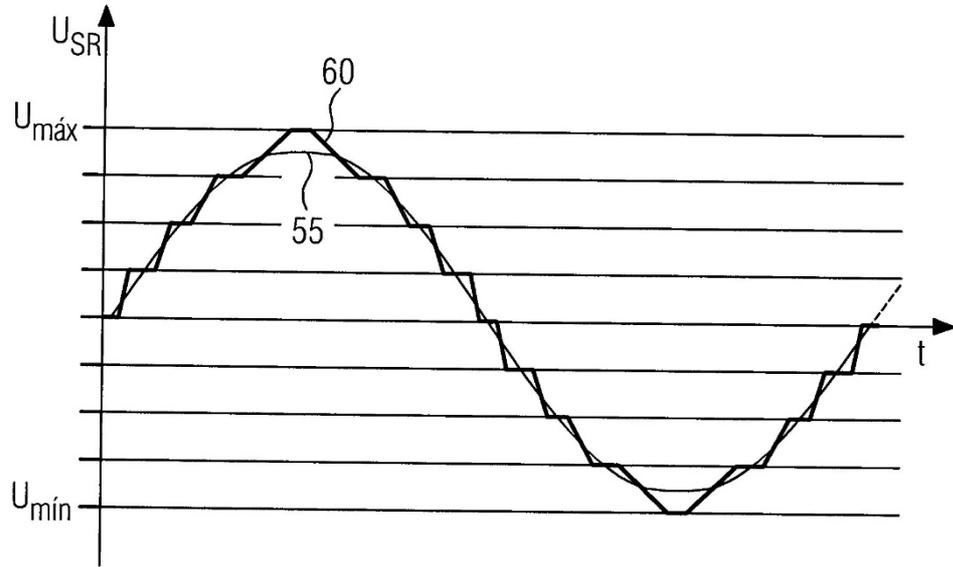


FIG 6

