

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 680**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/32** (2007.01)

**H02M 7/483** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2010 PCT/EP2010/058228**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2011 WO11154047**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2010 E 10726469 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 2580854**

54 Título: **Convertidor con monitorización de la conmutación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.12.2018**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Strasse 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**EULER, INGO;  
GAMBACH, HERBERT;  
LANG, JÖRG;  
SCHREMMER, FRANK y  
TU, QUOC-BUU**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 693 680 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

Convertidor con monitorización de la conmutación

La invención se relaciona con un convertidor para aplicaciones en el rango de la alta tensión con submódulos bipolares conectados en serie, que presentan, en cada caso, un acumulador de energía y un circuito semiconductor de potencia con semiconductores de potencia conectables y desconectables, donde el circuito semiconductor de potencia está conectado con el acumulador de energía de tal forma que en los terminales de conexión de cada submódulo pueda generarse la tensión que cae en el acumulador de energía o una tensión cero, una unidad de control, conectada con los semiconductores de potencia para la conexión y desconexión, e interruptores mecánicos, dispuestos paralelamente a cada submódulo y configurados para puentear el submódulo asignado.

Tal convertidor se conoce ya, por ejemplo, de la DE 10 2007 018 344 A1. Allí se describe un llamado convertidor multietapa modular, que presenta módulos de fase, que se extienden entre dos conexiones de corriente continua polarizadas en sentido contrario. Cada módulo de fase dispone de una conexión de corriente alterna para conectar una fase de una red de tensión alterna. Los módulos de fase tienen conexiones en serie de submódulos bipolares, que disponen de un condensador, así como de varios interruptores semiconductores de potencia, de forma que en dos terminales de salida de cada submódulo puede generarse o bien la tensión del condensador que cae en el condensador o, sin embargo, una tensión cero. Para que al fallar un submódulo el convertidor pueda proseguir su operación en general, se tiene que puentear el submódulo defectuoso. Por este motivo, se conecta a cada submódulo un interruptor de puente en paralelo. El interruptor de puente está equipado en dicho escrito de publicación como tubo de conmutación de vacío.

La WO 2009/092621 A1 describe asimismo un interruptor de puente o de cortocircuito para un submódulo de un convertidor multinivel modular, donde, sin embargo, el interruptor mecánico presenta un accionamiento pirotécnico.

En los antiguos submódulos, el interruptor de puente se dispara en caso de fallo según determinados criterios y pasa de su posición abierta a la cerrada. En su posición cerrada, el interruptor puentea el submódulo dispuesto en paralelo. Un criterio de activación para puentear el submódulo paralelo es para el interruptor, por ejemplo, que un anteriormente detectado valor medido de tensión supere de lejos un determinado valor umbral a lo largo de una cierta duración o que se produzca una fuerte variación de la tensión en un corto período de tiempo. Si fuera necesario, dos circuitos de ignición redundantes activan independientemente el interruptor de puente. La probabilidad de fallo del interruptor de puente se reduce mediante esta redundancia. Sin embargo, los convertidores previamente conocidos tienen el inconveniente de que la unidad de control no recibe ninguna retroalimentación de si el interruptor de puente también está realmente cerrado y el submódulo puenteadado. Por tanto, puede provocarse que se pulse una mayor corriente de cortocircuito a través del submódulo defectuoso, lo que puede causar daños indeseables al convertidor.

En la contribución de Kreusel, J. et al. "Monitorización del Estado (ConditionMonitoring) en subestaciones de alta y media tensión", que se publicó en el sector eléctrico año 94 (1995), libreta 7, páginas 350 a 358, se describen medios de monitorización del estado para subestaciones de alta y media tensión. Para monitorizar el estado de conmutación de los interruptores mecánicos se proponen, por ejemplo, cámaras, sensores de movimiento o sensores de medición, que detectan una corriente de conmutación que fluye a través de los contactos del interruptor. Estos medios de monitorización no sirven, sin embargo, para los convertidores multinivel modulares descritos inicialmente en el rango de alta tensión, pues el convertidor para tales niveles de tensión puede tener varios cientos de submódulos, de forma que se requieren correspondientemente muchos interruptores de puente. Los medios de monitorización del estado conocidos hasta ahora serían fácilmente demasiado costosos.

En la US 2009/0141416 A1 se describe un dispositivo para cortocircuitar módulos semiconductores de potencia, en que el dispositivo de cortocircuito es un elemento pirotécnico-mecánico. El dispositivo comprende además un contacto auxiliar, que se puede usar para comprobar si el elemento pirotécnico-mecánico se ha accionado tras una ignición. La distribución y el modo de funcionamiento del contacto auxiliar no se tratan en la US 2009/0141416 A1.

En el artículo "Mejora de la fiabilidad del aparataje de alta tensión" de Thuries E. et. al. se describe el uso de fibras ópticas y sensores ópticos para detectar una posición de un interruptor.

Es, por tanto, objeto de la invención proporcionar un convertidor del tipo citado inicialmente, cuyos interruptores de puente puedan monitorizarse económicamente respecto a su respectivo estado de conmutación.

La invención resuelve este objeto haciendo que cada conmutador mecánico tenga medios de monitorización del estado para controlar su activación, donde los medios de monitorización del estado están conectados a la unidad de control y tienen una línea de señales, que se guía a través del interruptor mecánico asociado de tal forma que una activación de dicho interruptor mecánico interrumpa la línea de señales.

Según la invención, cada interruptor mecánico del convertidor está equipado con medios de monitorización del estado, que monitorizan la activación del interruptor mecánico. Además, los medios de monitorización del estado están conectados con la unidad de control, que, por consiguiente, conoce el estado de conmutación del respectivo interruptor mecánico o, con otras palabras, interruptor de puente. Para limitar los costes de tal convertidor, los medios de monitorización del estado están diseñados en el contexto de la invención como líneas de señales sencillas y económicas, que se guían a través del respectivo interruptor mecánico de tal forma, que una activación del interruptor de puente asignado interrumpa la línea de señales. La interrupción de la línea de señales es detectada por la respectiva unidad de control, de forma que la unidad de control, que puede ser, por ejemplo, una unidad central de control o una unidad de control especial para el respectivo submódulo, conozca el estado de conmutación del respectivo interruptor mecánico. La unidad de control puede iniciar las medidas apropiadas cuando sea necesario. Las líneas de señales están disponibles a bajo coste, de forma que mediante la monitorización conforme a la invención del estado de conmutación del interruptor mecánico no se provoca ningún alto coste adicional.

Convenientemente, la línea de señales es un circuito conductor cerrado, que se somete a una tensión de reposo. Tal ordenación de la línea de señales es especialmente económica. La tensión de reposo pulsa, por ejemplo, una corriente de reposo, que se detecta a través de un sensor adecuado.

En una variante diferente de la invención, la línea de señales es una fibra óptica, que del lado de la entrada se expone a una señal óptica, donde un sensor dispuesto del lado de la salida de la fibra óptica detecta la señal óptica saliente. Al interrumpirse la fibra óptica se produce, por consiguiente, también una conclusión de la detección de la señal óptica. La unidad de control, que está conectada, por ejemplo, con el sensor para detectar la señal óptica a través de una línea de comunicación, puede tomar entonces las medidas correspondientes.

Convenientemente, se prevén dos líneas de señales. Mediante esta línea de señales doble redundante se proporciona una mayor seguridad en la monitorización de la activación.

En una ordenación preferida de la invención, el interruptor mecánico dispone de un accionamiento pirotécnico. Con la ayuda del accionamiento pirotécnico, se produce un único movimiento de conmutación a unas altas velocidad y fuerza de conmutación. Debido a la alta fuerza de conmutación se separa de forma segura la respectiva línea de señales.

La unidad de control puede tener tanto una unidad central de control como también un gran número de unidades descentralizadas de control de ramificación de la válvula, donde la unidad central de control y/o las unidades de control de ramificación de la válvula está(n) conectada(s) con los medios de monitorización del estado. Según esta ordenación de la invención, la unidad central de control transmite valores nominales de tensión de ramificación a la respectiva unidad de control de ramificación de la válvula, asociada en cada caso a una ramificación de la válvula del convertidor. Una ramificación de la válvula se extiende entre la conexión de corriente alterna y en cada caso una de las conexiones de corriente continua de un módulo de fase del convertidor.

Otras configuraciones y ventajas convenientes de la invención son objeto de la siguiente descripción de ejemplos de ejecución de la invención con referencia a las Figuras de los dibujos, donde los mismos símbolos de referencia se refieren a piezas que actúan igual y donde ilustran en más detalle:

Figura 1 un ejemplo de ejecución del convertidor conforme a la invención en una representación esquemática y

Figura 2 un módulo de fase del convertidor conforme a la invención según la Figura 1.

La Figura 1 muestra un ejemplo de ejecución del convertidor 1 conforme a la invención, que presenta tres módulos de fase 2, 3 y 4, que se extienden entre dos conexiones de corriente continua, que están conectadas en cada caso con un polo cargado positivamente 5+ y un polo cargado negativamente 5- de un circuito intermedio de corriente continua 5. Por otra parte, cada módulo de fase 2, 3 ó 4 tiene una conexión de corriente alterna para conectar una fase 7 de una red de tensión alterna no representada, que está conectada con el convertidor 1 a través de un transformador no mostrado u otra inductancia. El circuito intermedio de corriente continua 5 está conectado, por ejemplo, con otro convertidor no mostrado, que está conectado asimismo a una red de tensión alterna. A través del convertidor y del circuito intermedio de corriente continua 5 se posibilita, por consiguiente, la transmisión de energía eléctrica. Tales instalaciones se conocen como tales y el experto las designa también como disposición de transmisión de corriente continua de alta tensión-(HGÜ).

La Figura 2 muestra la estructura del convertidor y particularmente la estructura de un módulo de fase 2 en mayor detalle, donde a este respecto se señala que los otros módulos de fase 3 ó 4 están configurados idénticos al módulo de fase 2. Puede verse que el módulo de fase 2 presenta una conexión en serie de submódulos 6, que están configurados bipolares y presentan ambos terminales de conexión x1 y x2. Cada submódulo 6 cuenta con un

acumulador de energía 7, que, en el ejemplo de ejecución mostrado, es un condensador. En el condensador 7 cae la tensión del condensador  $U_c$ . Por otra parte, cada submódulo 6 dispone de un circuito semiconductor de potencia, que, en el ejemplo de ejecución mostrado, presenta dos semiconductores de potencia  $T_1$  y  $T_2$  conectables y desconectables, donde a cada uno de estos semiconductores de potencia conectables y desconectables  $T_1$  y  $T_2$  se le conecta en cada caso un diodo libre D1 o D2 en sentido contrario en paralelo. El primer borne de conexión x1 está conectado con el punto de potencial entre los diodos libres o entre los interruptores semiconductores de potencia conectables y desconectables  $T_1$  y  $T_2$ . El segundo borne de conexión x2 está al mismo potencial que uno de los electrodos del condensador 7. Si el interruptor semiconductor de potencia  $T_2$  estuviera cerrado y estuviera  $T_1$  en su posición de paso, en los terminales de salida x1, x2 del respectivo submódulo caería la tensión del condensador  $U_c$ . En el caso opuesto, sin embargo, se generaría en los terminales de conexión una tensión cero.

En este punto cabe señalar que, en vez del circuito de medio puente de cada submódulo mostrado en la Figura 2, también es posible un llamado circuito de puente completo en el contexto de la invención, en el que pueden usarse cuatro interruptores semiconductores de potencia conectables y desconectables, por ejemplo, IGBTs, GTOs o similares. En un circuito de puente completo puede generarse en los terminales de salida de cada submódulo, además de la tensión del condensador y de la tensión cero, también la tensión inversa del condensador  $-U_c$ .

Mediante la conexión en serie de los submódulos 6 puede ajustarse por etapas la tensión, que cae en una ramificación de la válvula, que se extiende entre la conexión de corriente alterna 7 y la respectiva conexión de corriente continua 5+. La altura de las etapas está determinada por la tensión del condensador  $U_c$ . Para la conexión y desconexión convenientes de los semiconductores de potencia  $T_1$  y  $T_2$ , estos están conectados a través de una línea de control 8 con una unidad de control 9, que, en base a un algoritmo de control, proporcionan las señales de control convenientes para el interruptor semiconductor de potencia  $T_1$  y  $T_2$  de todo el módulo de fase. Para esto se les transmite la tensión del condensador  $U_c$  desde el respectivo submódulo a través de una línea de señales no mostrada.

Para que el convertidor 1 pueda continuar en conjunto su funcionamiento, al fallar un submódulo 6, se tiene que puentear el submódulo 6 defectuoso. En caso contrario se pulsaría una corriente demasiado elevada a través del submódulo defectuoso, que podría originar un daño irreversible del convertidor. Para puentear se dispone paralelamente a cada submódulo 6 un interruptor mecánico 10, designado aquí también como interruptor de puente. El interruptor mecánico 10 es, en el ejemplo de ejecución mostrado en la Figura 2, un tubo de conmutación de vacío con accionamiento pirotécnico. En la operación normal, o sea cuando el submódulo 6 conectado en paralelo trabaje correctamente, el tubo de conmutación de vacío 10 estará en su posición abierta. Un flujo de corriente a través del interruptor mecánico 10 no es, por tanto, posible. Si un dispositivo de monitorización no mostrado del respectivo submódulo 6 detectara, por ejemplo, un demasiado rápido aumento de la corriente o de la tensión, se produciría la activación del interruptor y, por consiguiente, el puenteador del defectuoso submódulo 6, donde el interruptor mecánico 10 pasa a su posición de contacto. Para comprobar esta activación del respectivo interruptor 10, la unidad de control 9 está conectada a través de líneas de señales 11 con cada interruptor mecánico 10 del convertidor 1. En el ejemplo de ejecución mostrado, la línea de señales 11 es un conductor cerrado de hilo de cobre, que se interrumpe al activarse el interruptor 10. Además, el circuito conductor 11 se expone a una corriente o una tensión, que es monitorizada continuamente por la unidad de control 9. Si se produjera una interrupción del flujo de corriente a través del circuito conductor, la unidad de control 9 establecería la activación del respectivo interruptor 10 e iniciaría las medidas apropiadas, por ejemplo, se emitiría un mensaje de error y la advertencia de que el submódulo defectuoso tiene que sustituirse en el siguiente mantenimiento del convertidor.

Tal y como se ha indicado ya anteriormente, la unidad de control puede diseñarse también redundante.

**REIVINDICACIONES**

1. Convertidor (1) para aplicaciones en el rango de la alta tensión con

5 - submódulos (6) bipolares conectados en serie, que presentan en cada caso un acumulador de energía (7) y un circuito semiconductor de potencia con semiconductores de potencia ( $T_1, T_2$ ) conectables y desconectables, donde el circuito semiconductor de potencia está conectado de tal forma con el acumulador de energía (7), que en los terminales de conexión ( $x_1, x_2$ ) de cada submódulo (1) pueda generarse la tensión que cae en el acumulador de energía o, sin embargo, una tensión cero,

- una unidad de control (9), que está conectada con los semiconductores de potencia ( $T_1, T_2$ ) para la conexión y desconexión y

10 - interruptores mecánicos (10), que se disponen paralelamente a cada submódulo (6) y están configurados para puentear el submódulo (6) asociado,

**caracterizado porque**

15 cada interruptor mecánico (16) presenta medios de monitorización del estado para monitorizar su activación, donde los medios de monitorización del estado están conectados con la unidad de control (9) y presentan una línea de señales (11), que se guía a través del interruptor mecánico (10) asignado de tal forma, que una activación de dicho interruptor mecánico (10) interrumpa la línea de señales (11).

2. Convertidor (1) según la reivindicación 1,

**caracterizado porque**

la línea de señales es un circuito conductor cerrado (11), que se expone a una tensión de reposo.

20 3. Convertidor (1) según la reivindicación 1,

**caracterizado porque**

la línea de señales (11) es una fibra óptica, que del lado de la entrada se expone a una señal óptica, donde un sensor dispuesto del lado de la salida de la fibra óptica detecta la señal óptica.

4. Convertidor (1) según una de las anteriores reivindicaciones,

25 **caracterizado porque**

se prevén dos líneas de señales (11).

5. Convertidor (1) según una de las anteriores reivindicaciones,

**caracterizado porque**

el interruptor mecánico (16) presenta un accionamiento pirotécnico.

30 6. Convertidor (1) según una de las anteriores reivindicaciones,

**caracterizado porque**

35 la unidad de control (9) presenta unidades de control de ramificación de la válvula, que están asociadas en cada caso a una ramificación de la válvula, donde cada unidad de control de ramificación de la válvula está conectada con los medios de monitorización del estado de la ramificación de la válvula asociada, que se extiende entre la conexión de corriente alterna (7) y una de las conexiones de corriente continua (5+,5-) del convertidor (1) y presenta una conexión en serie de submódulos (6).

FIG 1

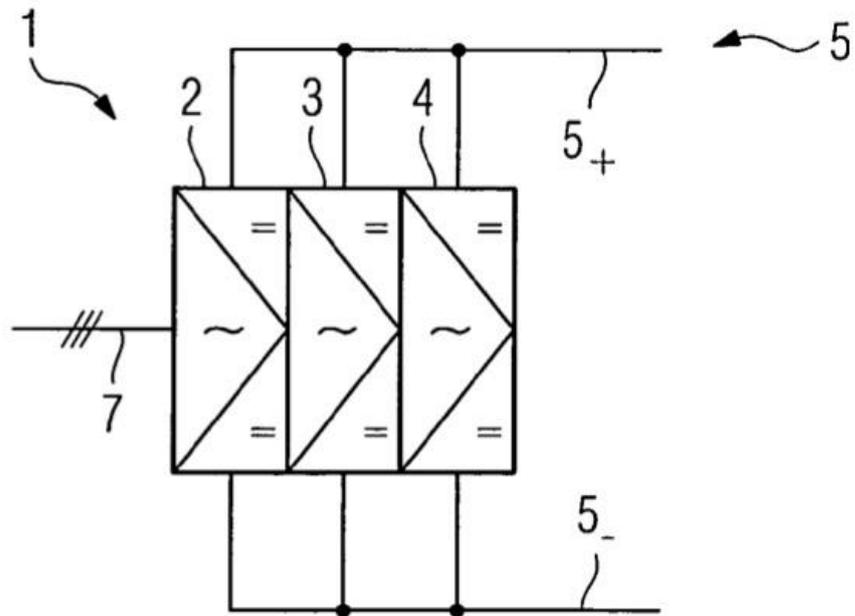


FIG 2

