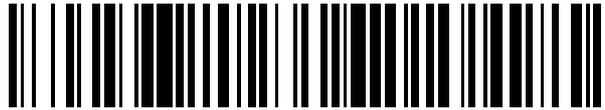


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 329**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/32** (2007.01)

**H03K 17/082** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2009 PCT/EP2009/002421**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2009 WO09118201**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2009 E 09723690 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 2266195**

54 Título: **Gestión de situaciones de cortocircuito en convertidores**

30 Prioridad:

**28.03.2008 GB 0805739**

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

**28.03.2018**

73 Titular/es:

**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH  
(100.0%)  
Eichhornstraße 3  
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**WENNERLUND, PER;  
BELWON, WALDEMAR A. y  
OLIN, KURT**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 661 329 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

## Gestión de situaciones de cortocircuito en convertidores

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una válvula electrónica, en particular una válvula de un convertidor (preferentemente, un convertidor de alta potencia), donde la válvula comprende un electrodo de control aislado eléctricamente. La presente invención también se refiere a una disposición para hacer funcionar una válvula electrónica de este tipo. En particular, la presente invención se refiere a la gestión de situaciones de cortocircuito en convertidores que presentan, al menos, un tramo de fase.

10 Un tramo de fase se refiere a una conexión en serie de dos válvulas electrónicas que pueden activarse y desactivarse. El convertidor (en particular, un convertidor de potencia que puede conectarse a tensiones de más de 600 voltios) puede ser un inversor de motor, un convertidor de línea, un convertidor de generador, un cargador de batería o un inversor auxiliar, por ejemplo. En particular, estos tipos de convertidores se refieren al suministro de energía eléctrica a dispositivos de vehículos ferroviarios, por ejemplo a las unidades de propulsión de vehículos ferroviarios. En este caso, un inversor de motor se refiere a un convertidor que invierte una corriente continua en una corriente alterna, donde la corriente alterna se suministra directamente al motor. El motor puede ser, por ejemplo, el motor de propulsión que provoca el movimiento del vehículo ferroviario en el raíl o raíles. Un convertidor de línea se refiere a un convertidor de CA a CC, donde la línea de una red de suministro de energía eléctrica transporta una corriente alterna. Un convertidor de generador se refiere a un convertidor de CA a CC que rectifica el suministro de CA trifásica desde un generador accionado por un motor de combustión y que crea una tensión de CC regulada. El lado de CC del convertidor de línea o convertidor de generador puede estar conectado a un enlace de CC que, a su vez, puede estar conectado al inversor de motor. Un convertidor auxiliar puede ser un inversor que puede estar conectado, por ejemplo, al enlace de CC, donde el lado de corriente alterna del inversor está conectado a dispositivos auxiliares del vehículo ferroviario, tal como cualquier dispositivo que no se use directamente para provocar el movimiento del vehículo ferroviario. Ejemplos de dispositivos auxiliares son dispositivos de refrigeración, dispositivos de control y dispositivos de calentamiento de compartimentos.

Los convertidores tienen, habitualmente, una característica en común; en concreto, sus válvulas se controlan (y, por tanto, se activan y se desactivan) con una frecuencia muy elevada, es decir, las unidades y dispositivos de control funcionan a gran velocidad, preferentemente con tiempos de reacción dentro del rango de los nanosegundos.

Hay diferentes tipos de situaciones de cortocircuito en los convertidores. En todas estas situaciones, al menos una de las válvulas del tramo de fase tiene que desactivarse para evitar daños mayores. En particular, la propia válvula y/o las conexiones eléctricas hacia y desde la válvula pueden destruirse.

35 Según un primer tipo de situación de cortocircuito, una de las válvulas en un tramo de fase o bien conduce la corriente de carga o bien está puenteada mediante una trayectoria de conducción no prevista que transporta la corriente de carga cuando la otra válvula del mismo tramo de fase pasa al estado de conducción (el estado activo), por ejemplo debido a una temporización inadecuada de las señales de activación y las señales de desactivación de las válvulas. El resultado puede ser que la línea de alta tensión y la línea de baja tensión de un enlace de CC que está conectado mediante el tramo de fase se cortocircuiten y, como resultado, la corriente a través del tramo de fase aumenta en muy poco tiempo a valores que superan los valores máximos permitidos de las válvulas. Sin embargo, en este tipo de situación, el aumento de la corriente por unidad de tiempo es, habitualmente, menor que en otras situaciones de cortocircuito, ya que la unidad de control que controla el proceso de activación abre, por lo general, la válvula gradualmente. Por lo tanto, el cortocircuito puede detectarse en un momento del proceso de abertura en el que la corriente no ha alcanzado valores extremadamente altos.

En un segundo tipo de situación de cortocircuito, una de las válvulas del tramo de fase transporta una corriente de carga cuando la otra válvula del tramo de fase está dañada, de modo que produce una conexión cortocircuitada al final del tramo de fase. En este caso, el aumento de la corriente a través de la válvula no dañada del tramo de fase puede ser mucho mayor por unidad de tiempo que en las situaciones del primer tipo.

En un tercer tipo de situación de cortocircuito, un diodo de circulación libre paralelo a una primera válvula del tramo de fase transporta una corriente de carga cuando la otra válvula del tramo de fase está dañada y produce un cortocircuito. Aunque la corriente a través de la válvula no dañada tiene que invertirse en primer lugar, el aumento de la corriente invertida puede ser tan alto como en el segundo tipo de situaciones por unidad de tiempo.

Los procedimientos existentes de gestión de situaciones de cortocircuito incluyen la supervisión de cantidades eléctricas, tales como la corriente de válvula (es decir, la corriente transportada por la válvula), la tensión de válvula (por ejemplo, la tensión colector-emisor de un IGBT), o el aumento de la corriente de válvula por unidad de tiempo. Además, puede supervisarse el estado operativo de las unidades de control de válvula que controlan los electrodos de control de las válvulas. Si se satisface una condición predefinida o conjunto de condiciones (por ejemplo, la corriente de válvula supera un valor de umbral predefinido), la unidad de control de la válvula activa el electrodo de control de la válvula de tal manera que la válvula se desactiva.

65

Es posible que se cumplan la condición o condiciones predefinidas, aunque no haya ninguna situación de cortocircuito. Una posible razón para esto es que los campos electromagnéticos externos inducen una corriente en el tramo de fase o inducen una tensión o una corriente en los circuitos del dispositivo de supervisión durante un corto periodo de tiempo. Tal suceso puede denominarse "ruido". Por lo tanto, los procedimientos existentes de gestión de situaciones de cortocircuito incluyen la etapa de supervisar si la condición o condiciones predefinidas se satisfacen(n) durante un periodo de tiempo de longitud predefinida. El proceso de cerrar la válvula solo se inicia si la condición o condiciones predefinidas continúan durante el intervalo de tiempo predefinido. Después se establece el proceso de desactivación de la válvula, es decir, el proceso continúa hasta que la válvula se desconecte, independientemente de que la condición o condiciones predefinidas continúen. Una razón del establecimiento es que la situación de cortocircuito puede continuar aunque ya no se cumplan la condición o condiciones predefinidas. Por ejemplo, el aumento de la corriente de válvula por unidad de tiempo puede ser menor, mientras que la corriente sigue creciendo.

Recientemente se han desarrollado nuevos tipos de válvulas, en particular IGBT (transistores bipolares de puerta aislada), que están diseñadas para funcionar usando tensiones externas considerablemente mayores. Por ejemplo, la tensión de enlace de CC a través del tramo de fase puede estar en el intervalo de más de 1500 voltios. Por otro lado, este nuevo tipo de válvula tiene la desventaja de que en el segundo y el tercer tipo de situaciones de cortocircuito, no limita (usando procedimientos convencionales de gestión de situaciones de cortocircuito) la corriente de válvula a un valor seguro. En cambio, el fabricante de la válvula especifica que la corriente máxima puede no superar un valor máximo especificado durante más de un tiempo especificado. Usando el procedimiento de gestión de cortocircuitos descrito anteriormente, esta especificación no puede cumplirse, al menos en algunas situaciones de cortocircuito.

El documento US 5.621.622 describe una protección contra sobrecargas para un convertidor CA/CC. Tras producirse un cortocircuito o una sobrecarga de corriente, un núcleo de circuito se satura, interrumpiendo el funcionamiento del reductor/aislante hasta que se suprima el cortocircuito o se retire el dispositivo conectado que extrae la sobrecarga de corriente.

El documento US 5.796.597 da a conocer un aparato de suministro de energía en modo de conmutación que comprende un primer conmutador de transistor acoplado a una inductancia y que responde a una señal de control de conmutación periódica para generar pulsos de corriente en dicha inductancia. El aparato comprende además un circuito de protección contra sobrecorrientes que responde a dicha señal indicativa de pulso de corriente para inhabilitar dicha salida de suministro de energía cuando se produce una condición de sobrecorriente.

Un objeto de la invención es proporcionar un procedimiento para hacer funcionar una válvula en un convertidor que protege a la válvula contra los daños y que no aumenta la probabilidad de que la válvula se desactive innecesariamente. Tal desactivación innecesaria interferiría con la necesidad de que el convertidor funcione de manera fiable tanto como sea posible. Por ejemplo, un convertidor de motor que se desconecta innecesariamente puede provocar cambios de aceleración en el vehículo ferroviario o sacudidas en el motor. Otro objeto de la invención es proporcionar una disposición que corresponda al procedimiento, en particular que lleve a cabo el procedimiento.

Los objetos se consiguen mediante el contenido de las reivindicaciones independientes 1 y 9 adjuntas.

Una idea básica de la presente invención es supervisar el funcionamiento de la válvula y/o del convertidor e iniciar un procedimiento de terminación previa cuando se produzcan condiciones de funcionamiento predefinidas y específicas, antes de que se inicie un procedimiento de terminación final. En este contexto, "terminación" se refiere a la terminación del estado activo (es decir, el estado de conducción) de la válvula. Debe observarse que el inicio del procedimiento de terminación previa no da como resultado necesariamente que se inicie el procedimiento de terminación final. Por ejemplo, el procedimiento de terminación final puede ser el procedimiento de gestión de situaciones de cortocircuito descrito anteriormente.

En particular, el procedimiento de terminación previa puede incluir la etapa de supervisar si la condición o condiciones predefinidas se satisfacen (es decir, se cumplen) durante un intervalo de tiempo de longitud predefinida. Esta longitud predefinida es más corta que el periodo de tiempo (si lo hubiera) del procedimiento de terminación final, donde la condición o condiciones para iniciar el procedimiento de terminación final deben seguir cumpliéndose durante el periodo de tiempo. Como alternativa, la condición o condiciones predefinidas para la terminación previa pueden satisfacerse con más facilidad (por ejemplo, con mayor frecuencia y/o con mayor antelación) que la(s) del proceso de terminación final.

En términos más generales, el procedimiento de terminación previa puede iniciarse antes que el procedimiento de terminación final. En particular, el procedimiento de terminación previa prepara la terminación del estado activo de la válvula, pero no termina el estado activo. Por otro lado, el procedimiento de terminación previa acelera la terminación del estado activo si el procedimiento de terminación final ya ha comenzado. El procedimiento de terminación final puede ser un procedimiento que se realiza hasta que finalice la terminación del estado activo, una vez que se haya iniciado el procedimiento de terminación final. Tal establecimiento se ha descrito anteriormente.

Si no se inicia el procedimiento de terminación final después de un procedimiento de terminación previa, se reanudará el estado activo normal.

5 El procedimiento de terminación previa según la presente invención es particularmente útil si la válvula se hace funcionar de la siguiente manera: normalmente, el potencial eléctrico en el electrodo de control de la válvula tiene un nivel definido (por ejemplo, de 11 a 12 V) que es suficientemente alto para que la válvula pueda transportar la corriente máxima especificada requerida para el funcionamiento normal. Sin embargo, es habitual usar un mayor potencial del electrodo de control (por ejemplo, 15 V) para reducir la tensión a través de la válvula durante el estado activo (por ejemplo, la tensión de colector-emisor de un IGBT o un MOSFET (transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor). Este exceso de potencial de puerta corresponde a un exceso de la carga eléctrica transportada por el electrodo de control (por ejemplo, la puerta del IGBT o MOSFET). En una forma de realización específica, el procedimiento de terminación previa está diseñado para eliminar el exceso de carga eléctrica del electrodo de control. El resultado puede ser que las pérdidas eléctricas durante el funcionamiento de la válvula después del procedimiento de terminación previa aumenten ligeramente de manera temporal. Sin embargo, la válvula sigue siendo capaz de transportar la corriente máxima requerida para el funcionamiento normal. En el caso de un cortocircuito, el exceso de carga suprimido por el procedimiento de terminación previa del electrodo de control acelerará el procedimiento de terminación final, que puede iniciarse después del procedimiento de terminación previa. Si la terminación previa fue provocada por el ruido, no se inicia ningún procedimiento de terminación final y proseguirá el estado activo normal, dando como resultado una tensión de puerta normal y pérdidas normales de energía eléctrica después de un breve periodo de tiempo.

25 Puesto que la válvula es parte de un tramo de fase de un convertidor, la válvula se activa y se desactiva repetidamente durante el funcionamiento normal del convertidor. Por lo tanto, si no se inicia ningún procedimiento de terminación final después de un procedimiento de terminación previa, seguirá un procedimiento de terminación normal (es decir, un proceso de desactivación de la válvula) y también seguirá un procedimiento normal de activación de la válvula. Después de desactivarse y activarse de nuevo, el electrodo de control de la válvula puede transportar de nuevo un exceso de carga, como se ha descrito anteriormente.

30 Se ha mencionado anteriormente que la válvula puede ser un IGBT o un MOSFET. Generalmente, la presente invención se refiere a cualquier tipo de válvula que pueda usarse en convertidores en los que la válvula tenga un electrodo de control eléctricamente aislado y en el que la carga transportada por el electrodo de control controle el estado operativo (por ejemplo, el estado activo y el estado inactivo) de la válvula. Si palabras como "emisor", "puerta" y "colector" se usan en esta descripción, esto no limita el alcance de protección, a no ser que se indique explícitamente. Por ejemplo, también se incluyen válvulas que presentan electrodos denominados habitualmente como electrodo de drenaje y electrodo de fuente.

40 Una forma de realización que tiene la ventaja de que solo se elimina el exceso de carga del electrodo de control durante la terminación previa, incluye la etapa de descargar el electrodo de control con una corriente constante (que no varía en el tiempo) durante un intervalo de tiempo de longitud predefinida. El nivel de la corriente constante y la longitud del intervalo de tiempo pueden elegirse de tal manera que solo se elimine el exceso de carga o que no se elimine una cantidad superior al exceso de carga (que incluye el caso de eliminar una cantidad inferior al exceso de carga). Los valores de la corriente constante y de la longitud del intervalo de tiempo pueden elegirse para condiciones de funcionamiento específicas, tal como una corriente de válvula máxima predefinida transportada por la válvula durante el funcionamiento normal del convertidor y/o para una tensión de enlace de CC específica a través del tramo de fase de la válvula.

50 En particular, se propone lo siguiente: Un procedimiento para hacer funcionar una válvula electrónica en un convertidor, en particular un convertidor de alta potencia, donde la válvula comprende un electrodo de control aislado eléctricamente y donde el procedimiento comprende las siguientes etapas:

- el estado operativo del convertidor y/o de la válvula se supervisan mientras que la válvula está abierta,
- si el estado operativo satisface un primer criterio predefinido, indicar que hay un cortocircuito que afecta a la corriente que pasa por la válvula, y un primer proceso de descarga del electrodo de control se realiza con el fin de cerrar la válvula (es decir, hacer que la válvula pase al estado de no conducción), y
- si el estado operativo satisface un segundo criterio predefinido, indicar que puede haber un cortocircuito que afecta a la corriente que pasa por la válvula, y un segundo proceso de descarga del electrodo de control se realiza antes de que se cumpla el primer criterio.

60 Como alternativa, el periodo de tiempo durante el cual se realiza el segundo proceso finaliza antes de que comience el primer proceso.

El segundo proceso de descarga del electrodo de control se realiza antes de que se cumpla el primer criterio (el criterio del proceso de terminación final) o el segundo proceso se realiza antes de que comience el primer proceso.

En el segundo caso, el primer criterio puede haberse cumplido, pero el primer proceso no ha comenzado todavía. Dicho de otro modo: la terminación previa puede "suplantar" la terminación final. Ambos procesos, el primer y el segundo proceso, pueden ser procesos predefinidos. Sin embargo, el funcionamiento de los procesos predefinidos puede depender del estado operativo de la válvula o del convertidor. Por ejemplo, el primer proceso puede predefinirse para reducir la corriente que descarga el electrodo de control gradualmente dependiendo de la tensión a través de la válvula (por ejemplo, la tensión de colector-emisor). También es posible que el segundo proceso se lleve a cabo de manera independiente al estado operativo de la válvula o del convertidor o que el tamaño de la corriente que descarga el electrodo de control durante el segundo proceso sea constante y que la única forma de reaccionar a un nuevo estado operativo durante el segundo proceso sea terminar la descargar del electrodo de control antes de lo previsto al comienzo del segundo proceso.

También es posible que el segundo proceso se interrumpa o se lleve a cabo más de una vez antes de que comience el primer proceso. Por ejemplo, el segundo proceso puede incluir la etapa de supervisar continuamente el estado operativo de la válvula o del convertidor mientras que el electrodo de control está descargado. Si la supervisión indica que el segundo proceso debe interrumpirse (por ejemplo, porque el aumento de la corriente de válvula por unidad de tiempo ha descendido por debajo de un valor de umbral), el segundo proceso, es decir, la descarga del electrodo de control, puede interrumpirse. Sin embargo, durante el siguiente periodo de tiempo, la función de supervisión del segundo proceso puede decidir que el segundo proceso puede volver a comenzar o puede proseguir y, como resultado, la descarga del electrodo de control vuelve a comenzar o prosigue antes de que comience el primer proceso.

Tanto el primer criterio predefinido como el segundo criterio predefinido pueden comprender uno o más de un criterio y/o condición. En particular, el criterio puede comprender la condición de que una cantidad de electricidad característica del estado operativo del convertidor y/o de la válvula esté dentro de un intervalo predefinido de valores, sea mayor que (o mayor que o igual a) un valor de umbral predefinido o sea menor que (o menor que o igual a) un valor de umbral predefinido. Las condiciones del primer criterio se han mencionado anteriormente.

Las condiciones del segundo criterio predefinido pueden comprender la condición de que el aumento de la corriente de válvula por unidad de tiempo no sea mayor que (o no sea mayor que o igual a) un valor de umbral. Esta condición es un indicador de un cortocircuito, ya que no se esperan aumentos considerables durante el estado activo de la válvula (es decir, después de que haya terminado el proceso de activación de la válvula). Esta condición puede combinarse con al menos otra condición, tal como la condición descrita anteriormente de que el electrodo de control transporte una cantidad excesiva de carga. Tal cantidad excesiva puede detectarse midiendo la tensión entre el electrodo de control y otro electrodo de la válvula, por ejemplo entre la puerta y el emisor de un IGBT. Puesto que una ventaja de una forma de realización preferida de la invención es eliminar una carga excesiva transportada por el electrodo de control durante la terminación previa, puede valorarse la condición descrita anteriormente.

En lugar de las condiciones descritas en el párrafo anterior, pueden usarse otras condiciones para el segundo criterio predefinido. En principio, también es posible usar cantidades eléctricas que no se midan directamente en la propia válvula, sino, por ejemplo, medidas en una conexión que conecta las dos válvulas del mismo tramo de fase. Sin embargo, se prefiere la medición de cantidades eléctricas directamente en la válvula, ya que la información contenida en el resultado de la medición caracteriza directamente el estado operativo de la válvula y estas mediciones pueden realizarse por una unidad de control que está asignada a la válvula (tal como una unidad de accionamiento de puerta, GDU) y que también controla el proceso de cargar y descargar el electrodo de control.

Puesto que la principal ventaja de la terminación previa es que la válvula puede protegerse contra los daños, el segundo criterio predefinido es un criterio que indica que puede haber un cortocircuito que afecta a la corriente que pasa por la válvula, concretamente a la corriente de válvula (por ejemplo, la corriente desde el colector al emisor de un IGBT). El efecto en cuestión que puede ser provocado por el cortocircuito (por ejemplo, el daño de otra válvula del mismo tramo de fase) es, en casos del segundo tipo de situaciones de cortocircuito (como se ha explicado anteriormente), que la corriente de carga transportada por la válvula aumenta rápidamente. En caso del tercer tipo de situaciones de cortocircuito, el primer efecto es la inversión de la corriente y después un rápido aumento de la corriente de válvula.

No es el objetivo del segundo proceso cerrar la válvula. Se entiende que una válvula cerrada es una válvula que no transporta una corriente (una corriente de estado inactivo no se considera una corriente relevante en este contexto) y, en particular, no transporta una corriente de carga. El objetivo del segundo proceso es simplemente preparar y/o acelerar el primer proceso de descarga del electrodo de control, que es el proceso de cerrar la válvula, siempre que se satisfaga el primer criterio predefinido.

Es posible que el primer proceso comience directamente cuando el segundo proceso haya terminado. Dicho de otro modo, puede no haber ningún lapso de tiempo entre el primer proceso y el segundo proceso. Por lo tanto, puede suceder que el segundo proceso no pueda completarse de la manera que cabría esperar si no se cumplió el primer criterio predefinido. Además, puede suceder que el primer criterio predefinido ya se haya cumplido y que el segundo proceso siga en curso.

Sin embargo, el segundo proceso (la terminación previa) puede diseñarse alternativamente para que termine antes de que se cumpla el primer criterio predefinido. En este caso, el segundo proceso termina y va seguido de un intervalo de tiempo en el que no se produce ninguna descarga activa del electrodo de control, antes de que se cumpla el primer criterio predefinido y comience el primer proceso. La ventaja de tener este lapso de tiempo entre el  
 5 segundo proceso y el primer proceso es que el segundo proceso puede llevarse a cabo exactamente de la manera prevista. Además, el resultado del segundo proceso puede observarse supervisando el estado operativo del convertidor y puede suceder que el segundo proceso influya en el estado operativo de tal manera que no se cumpla el primer criterio predefinido. Esto se aplica en particular en situaciones en las que no se produce un cortocircuito pero se cumple el segundo criterio predefinido, más sensible.

10 Preferentemente, el segundo proceso está diseñado para extraer una cantidad predefinida de carga del electrodo de control. Por ejemplo, esto puede conseguirse usando una corriente de descarga constante y terminando el segundo proceso cuando ha transcurrido un intervalo de tiempo de longitud predefinida. Sin embargo, la cantidad de carga predefinida también puede conseguirse mediante una corriente de descarga que varía durante el transcurso del  
 15 segundo proceso.

Además, es preferible (como se ha descrito anteriormente) que el segundo proceso extraiga una cantidad de carga del electrodo de control que no reduzca la corriente a través de la válvula durante condiciones de funcionamiento normales, sin cortocircuito, de la válvula. Esto significa que la máxima corriente de válvula posible que puede  
 20 producirse durante condiciones de funcionamiento normales puede seguir pasando por la válvula cuando ha terminado el segundo proceso. Por otro lado, una corriente de válvula considerablemente mayor se verá afectada por la carga de puerta reducida, es decir, puede limitarse el aumento de la corriente debido a un cortocircuito.

Para reducir el número de operaciones de descarga innecesarias, es preferible que el segundo proceso de descarga del electrodo de control se realice solamente si el estado operativo satisface el segundo criterio predefinido durante un intervalo de tiempo de longitud predefinida. Como alternativa, las cantidades eléctricas que se usan para  
 25 determinar si se satisface o no el segundo criterio predefinido pueden filtrarse para excluir el comportamiento transitorio debido a resultados de ruido al principio de un segundo proceso.

30 Puede suceder que durante la ejecución del segundo proceso no se produzca ninguna situación de cortocircuito. Por lo tanto, según otra forma de realización, el segundo proceso de descarga del electrodo de control puede terminar inmediatamente si el estado operativo satisface un tercer criterio predefinido, lo que indica que no hay ningún cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula.

35 Como alternativa, el segundo proceso de descarga del electrodo de control puede terminar si el estado operativo satisface un tercer criterio predefinido durante un intervalo de tiempo de longitud predefinida, lo que indica que no hay ningún cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula. En lugar de usar tal intervalo de tiempo de longitud predefinida, es posible un filtrado de cantidades correspondientes. El objetivo es evitar una interrupción innecesaria y falsa del segundo proceso. Por ejemplo, un único valor de medición del incremento de la corriente de  
 40 válvula por unidad de tiempo puede indicar que no hay ningún cortocircuito. Sin embargo, este único valor de medición puede ser el resultado de ruido o interferencias, y los valores de medición subsiguientes del aumento de la corriente de válvula por unidad de tiempo superan el valor de umbral con respecto al cual se usan para determinar el segundo criterio predefinido.

45 Por ejemplo, el tercer criterio predefinido puede ser la condición de que el incremento de la corriente de válvula por unidad de tiempo haya caído por debajo de un valor de umbral que puede ser el mismo valor de umbral o puede ser otro valor de umbral inferior al valor de umbral que se usa para el segundo criterio predefinido.

50 Es preferible que la decisión de si se cumple el segundo criterio predefinido y/o de si se realiza el segundo proceso de descarga del electrodo de control se determine mediante firmware, en particular mediante un CPLD o una FPGA. El firmware garantiza un corto tiempo de reacción en comparación con el software. Además, puede reprogramarse, a diferencia de soluciones basadas en hardware. Sin embargo, la presente invención también incluye soluciones basadas en hardware.

55 En lo que respecta al primer proceso (el proceso de cerrar la válvula) es preferible que tenga una función de cerrojo, es decir, que el primer proceso cierre la válvula independientemente de si se sigue cumpliendo o no el primer criterio predefinido, una vez que el primer proceso se haya iniciado o una vez que se haya tomado la decisión de iniciar el primer proceso. Esta medida de seguridad garantiza que el proceso de cierre finalice y que ninguna interferencia, ruido u otra circunstancia pueda interrumpir equivocadamente el primer proceso.

60 El segundo criterio predefinido puede incluir el criterio de que la tensión entre el electrodo de control y otro electrodo de la válvula esté en un intervalo predefinido que incluya un valor que corresponda a un exceso de carga del electrodo de control, donde el exceso de carga se compara con el estado operativo de la válvula en el que la válvula está totalmente abierta para transportar la máxima corriente de válvula posible durante el funcionamiento normal, pero la carga no puede extraerse del electrodo de control sin limitar la corriente de válvula. Otros aspectos de esta  
 65 forma de realización se han descrito anteriormente.

Otra manera de distinguir entre el primer proceso y el segundo proceso puede ser el tamaño de una corriente que extraiga carga del electrodo de control. Preferentemente, el tamaño de la corriente es diferente en el primer proceso en comparación con el segundo proceso.

5 La presente invención también incluye una disposición para hacer funcionar una válvula electrónica en un convertidor, en particular un convertidor de alta potencia, donde la válvula comprende un electrodo de control aislado eléctricamente y donde la disposición comprende:

- 10           – una unidad de supervisión adaptada para supervisar el estado operativo del convertidor y/o de la válvula cuando la válvula está abierta,
- una unidad de accionamiento adaptada para realizar un primer proceso de descarga del electrodo de control para cerrar la válvula, si el estado operativo satisface un primer criterio predefinido, lo que indica que hay un cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula, y
- 15           – una unidad de accionamiento adaptada para realizar un segundo proceso de descarga del electrodo de control antes de que se cumpla el primer criterio o antes de que comience el primer proceso, si el estado operativo satisface un segundo criterio predefinido, lo que indica que puede haber un cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula.

20 Ventajas y formas de realización adicionales de la disposición se obtienen a partir de las reivindicaciones adjuntas y de la anterior descripción del procedimiento.

La disposición para llevar a cabo el primer proceso y/o el segundo proceso de la descarga del electrodo de control en caso de cortocircuito puede ser parte de un módulo (es decir, una única unidad) denominada "unidad de activación de puerta" (GDU) en caso de que una válvula presente una puerta. Normalmente, cada válvula del convertidor tiene su propia GDU y las GDU controladas por una única CCU (unidad de control de convertidor) o por una disposición de CCU. La CCU activa los procesos de activación y desactivación de la válvula durante el funcionamiento normal del convertidor. La CCU comprende normalmente un ordenador controlado mediante software. Como resultado, el funcionamiento de la CCU es normalmente más lento (con mayores tiempos de reacción) en comparación con las GDU, que están formadas normalmente por dispositivos cableados y/o comprenden firmware que se ejecuta en las FPGA o CPLD. Por lo tanto, la gestión de situaciones de cortocircuito según la presente invención se realiza preferentemente mediante la GDU de la válvula.

35 En una forma de realización preferida, una unidad de control para controlar el proceso de activación y desactivación de la válvula puede estar diseñada como se describe en el documento WO 00/10243 en relación con las Figuras 1 a 3 del documento. En este documento, la unidad de control se denomina "aparato de control". Cada una de las válvulas del convertidor puede controlarse mediante una unidad de control individual de este tipo, por ejemplo. Modificaciones de esta unidad de control con el fin de implementar la presente invención pueden realizarse fácilmente modificando el firmware de la unidad.

40 Por lo tanto, es preferible que la unidad de control funcione conforme al principio según el cual comprende una fuente de corriente constante programable, es decir, un dispositivo que puede programarse para transmitir la corriente hacia y desde el electrodo de control de modo que la corriente no varíe en el tiempo. Evidentemente, es posible reprogramar el tamaño de la corriente. Por ejemplo, el tamaño de la corriente puede programarse para que tenga un primer valor durante el segundo proceso de descarga del electrodo de control y para que tenga, al menos, otro valor durante las fases del primer proceso de descarga del electrodo de control.

50 Sin embargo, la presente invención no está limitada a este procedimiento para controlar la corriente hacia y desde el electrodo de control. En principio, hay diferentes enfoques para llevar a cabo el proceso de control para controlar la corriente. Todos estos enfoques pueden realizarse en relación con la invención. Por ejemplo, una fuente de tensión con una tensión controlable puede usarse en combinación con una resistencia o una pluralidad de resistencias ubicadas en una conexión eléctrica entre la fuente de tensión y el electrodo de control de la válvula. Según otro enfoque, puede usarse un amplificador de tensión con pendientes de tensión preprogramadas.

55 El segundo proceso (el proceso de terminación previa) de la presente invención puede inhabilitarse durante el proceso de activación de la válvula (es decir, cuando la válvula está activada durante el funcionamiento normal). Como se ha mencionado anteriormente, un cortocircuito que ya existe antes de que se active la válvula no da lugar al mismo cambio drástico de la corriente de válvula como en situaciones en las que el cortocircuito se produce cuando la válvula (o su diodo de circulación libre) ya está conduciendo una corriente de carga. El segundo proceso puede habilitarse durante el proceso de activación, ya que hay más tiempo para reaccionar ante un cortocircuito. La válvula no está abierta del todo todavía. Sin embargo, la invención también incluye el caso de que el segundo proceso se habilite durante la activación de la válvula.

En particular, después de la terminación previa y antes de la terminación final en caso de un cortocircuito, se produce una carga no prevista (es decir, una recarga después de la descarga realizada por la terminación previa). Esto es el resultado del denominado efecto Miller. El motivo es que hay una capacitancia considerable (denominada capacitancia de Miller), entre el colector y la puerta dentro de la válvula (en particular en un IGBT), de modo que, cuando se produce la condición de cortocircuito en el estado de conducción (es decir, una baja tensión de colector-emisor) de la válvula, una corriente capacitiva se transmite (en particular, directamente en los chips del módulo que constituye la válvula) a la puerta cuando la tensión del colector aumenta para evitar un incremento de la corriente de válvula. Por ejemplo, la tensión de puerta-emisor puede aumentar de nuevo por encima de los 18V después de una descarga al nivel de 11 a 12 V. Además, la capacitancia de Miller puede producir una corriente de carga de puerta, mientras que el proceso de terminación previa produce una corriente de descarga. Sin embargo, el proceso de terminación previa mejora la situación en comparación con el caso de no realizar ninguna terminación previa.

Ejemplos y formas de realización preferidas de la invención se describirán con referencia al dibujo adjunto. Las Figuras de los dibujos muestran:

- Figura 1 un tramo de fase que comprende dos válvulas que están conectadas en serie, donde un cortocircuito se produce por una activación errónea,
- Figura 2 la disposición mostrada en la Figura 1, donde se produce un cortocircuito debido a que una de las válvulas queda dañada mientras que la otra válvula transporta una corriente de carga,
- Figura 3 elementos de una disposición para gestionar situaciones de cortocircuito supervisando el estado operativo de una de las válvulas de un tramo de fase,
- Figura 4 detalles de un elemento de control que es parte de la disposición mostrada en la Figura 3,
- Figura 5 el comportamiento, en el tiempo, de la corriente de válvula, la tensión a través de la válvula, la tensión entre el electrodo de control y otro electrodo de la válvula y de la corriente de descarga para descargar el electrodo de control durante una situación de cortocircuito, según la presente invención,
- Figura 6 el comportamiento, en el tiempo, de la corriente de válvula y de las otras cantidades eléctricas mostradas en la Figura 5 en una situación de cortocircuito, donde no se lleva a cabo ningún proceso de terminación previa,
- Figura 7 esquemáticamente las cuatro cantidades eléctricas mostradas en la Figura 5 en la misma situación de cortocircuito, donde se lleva a cabo un proceso de terminación previa seguido inmediatamente por un proceso de desactivación de la válvula,
- Figura 8 esquemáticamente la situación de cortocircuito según la Figura 6, donde no se produce ningún proceso de terminación previa,
- Figura 9 esquemáticamente una situación de cortocircuito similar a la situación mostrada en la Figura 5 y la Figura 7, pero con una corriente de válvula alterna, de modo que el proceso de terminación previa se interrumpe y vuelve a comenzar,
- Figura 10 esquemáticamente las cuatro cantidades de las Figuras 5 a 9 en una situación en la que no produce ningún cortocircuito, pero un proceso de terminación previa se inicia debido a una interferencia que provoca una detección falsa de una situación de cortocircuito.

La Figura 1 muestra un tramo de fase 19 de un convertidor, donde el tramo de fase 19 comprende una primera válvula 18a y una segunda válvula 18b conectadas en serie entre sí. Un extremo de la conexión en serie está conectado a una línea 20 de un enlace de CC, por ejemplo un enlace de CC a un convertidor de línea de una unidad de propulsión de un vehículo ferroviario. El extremo opuesto del tramo de fase 19 está conectado a una segunda línea 21 del enlace de CC.

Como se muestra en el lado derecho de la Figura 1, un condensador 24 está conectado entre las líneas 20, 21 del enlace de CC. El potencial eléctrico de la línea 20 es mayor que el potencial eléctrico de la línea 21, como se indica mediante los signos + y -. La conexión eléctrica entre las válvulas 18a, 18b está conectada a una línea 23, que es una conexión a una carga, tal como un motor, por ejemplo un motor que genera la tracción de un vehículo ferroviario.

La Figura 1 solo muestra partes del convertidor. En particular, no se muestra un dispositivo de control que controla las unidades de control 25a, 25b de las válvulas 18a, 18b. Además, el convertidor puede comprender uno o más de los tramos de fase adicionales.

Las unidades de control 25a, 25b comprenden diferentes conexiones 31, 32, 33 a un módulo 27 que contiene la válvula 18. En la práctica, tales módulos 27 pueden comprender una pluralidad de válvulas que están conectadas en paralelo entre sí.

En particular, la válvula 18 puede ser un IGBT o un MOSFET.

La conexión 31 desde la unidad de control 25 hasta el colector de la válvula 18 se indica mediante "CI". La conexión 32 conecta la unidad de control 25 al electrodo de control, por ejemplo, la puerta de la válvula 18, como se indica mediante "G". La conexión 33 conecta la unidad de control 25 al otro electrodo de la trayectoria de corriente de la válvula 18, en particular con el emisor (Kelvin), como se indica mediante "EK". Una línea externa 34, que es externa al módulo 27, conecta la unidad de control 25 a un punto de conexión externo del segundo electrodo en la trayectoria de corriente, por ejemplo con el emisor (principal), como se indica mediante "EM".

En el ejemplo mostrado, la unidad de control está conectada al dispositivo de control central (no mostrado) del convertidor a través de una línea de señal 38, que puede ser una línea para transferir señales ópticas. Además, la unidad de control 25 está conectada a una fuente de alimentación de CC a través de la línea 39.

Un diodo de circulación libre 40 está conectado de manera no paralela a cada válvula 18. La Figura 1 también muestra una línea discontinua con una flecha. La línea discontinua forma un bucle cerrado que indica que se creará una alta corriente de cortocircuito en la dirección de la flecha, donde las dos válvulas 18a, 18b están en el estado activo al mismo tiempo. Esto puede suceder en situaciones de cortocircuito del primer tipo, como se ha descrito anteriormente.

La Figura 2 muestra la misma disposición que la Figura 1, pero en una situación de cortocircuito diferente, concretamente una situación de cortocircuito del segundo tipo como la descrita anteriormente. Una corriente de carga está fluyendo a través de la línea 23 y a través de la válvula 18a, como se indica mediante una línea continua con flecha, mientras que la otra válvula 18b queda dañada, por ejemplo mediante un fallo en el aislamiento entre el colector y el emisor. Como resultado, una corriente de cortocircuito a través de la válvula 18a aumentará rápidamente y destruirá la válvula 18a, a menos que la válvula 18a se proteja descargando rápidamente el electrodo de control y limitando así el aumento de la corriente de cortocircuito.

De manera similar a la situación mostrada en la Figura 2, la válvula 18b puede producir un cortocircuito mientras que una corriente fluye en sentido contrario a la línea continua con flecha, es decir, la corriente fluye a través del diodo de circulación libre 40a hacia la línea 23. Este es el tercer tipo de situación de cortocircuito y, poco después con respecto al segundo tipo de situación de cortocircuito, se creará rápidamente una corriente de cortocircuito a través del tramo de fase 19. Sin embargo, el tiempo de reacción que queda para descargar el electrodo de control no es mayor en comparación con el segundo tipo, si la corriente de válvula a través de la válvula 18a se supervisa en situaciones de cortocircuito.

La Figura 3 muestra una disposición que puede usarse para realizar la función de terminación previa según la presente invención. La figura solo muestra una parte de los elementos y/o unidades de la unidad de control 25, que puede ser la unidad de control 25a o 25b según la Figura 1. La unidad de control 25, que puede realizarse mediante firmware o hardware, comprende un elemento de control 57 que puede ser una unidad lógica para llevar a cabo operaciones lógicas. Entradas del elemento de control 57 están conectadas a la línea de señal 38 para recibir señales de comando de activación/desactivación procedentes del dispositivo de control de convertidor. Entradas adicionales del elemento de control 57 reciben señales de salida de un primer comparador 51 y de un segundo comparador 53. El comparador 51 está conectado a la puerta G y está adaptado para comparar el potencial eléctrico de la puerta G con un valor de umbral. También es posible que el comparador de tensión 51 esté adaptado para comparar el potencial eléctrico de la puerta G con un valor de umbral superior y con un valor de umbral inferior y para proporcionar una señal específica (tal como un "1" lógico), si el potencial eléctrico de una puerta G está dentro del intervalo entre los dos valores de umbral. En caso de un único valor de umbral, la señal de salida lógica específica se proporciona desde el comparador 51 al elemento de control 57 si el potencial eléctrico de la puerta G supera el valor de umbral (o es igual al valor de umbral o supera el valor de umbral).

El segundo comparador 53 está conectado al emisor (principal) EM del módulo 27. Esto indica esquemáticamente que el comparador 53 supervisa la corriente de válvula y/o el aumento de la corriente de válvula por unidad de tiempo (el segundo caso es el caso más preferido) y proporciona una señal de salida predefinida (tal como un "1" lógico) al elemento de control 57, si la cantidad supervisada supera un valor umbral predefinido.

En el lado derecho de la Figura 3 se muestra el módulo 27, que puede ser el módulo 27a o 27b según la Figura 1. El módulo 27 comprende la válvula 18, que puede ser la válvula 18a o 18b según la Figura 1.

Una salida del elemento de control 57 está conectada a una unidad de accionamiento 55 que está adaptada para crear una corriente de carga o descarga con el fin de cargar o descargar el electrodo de control, que es la puerta G en este caso. La unidad de accionamiento 55 está conectada a la puerta G y al emisor (Kelvin) EK. Esto significa que la corriente de carga o descarga fluye desde el emisor a la puerta (corriente de carga) o desde la puerta al emisor (corriente de descarga). Normalmente, la puerta transporta una carga positiva cuando la válvula está en el estado activo. Sin embargo, también es posible que la puerta transporte una carga negativa cuando la válvula esté en el estado activo. La señal que se transfiere desde el elemento de control 57 a la unidad de accionamiento 55 contiene

- la información para iniciar la descarga del electrodo de control según el procedimiento de terminación previa de la presente invención. También puede contener la información acerca del tamaño de la corriente de descarga. Sin embargo, en una solución alternativa, la unidad de accionamiento 55 puede obtener la información acerca del tamaño de la corriente desde otro dispositivo y/o esta información puede preprogramarse y la unidad de
- 5 accionamiento 55 puede tener acceso a esta información preprogramada. También es posible que el tamaño de la corriente de descarga durante la terminación previa varíe y/o se adapte dependiendo del estado operativo de la válvula o del convertidor durante la terminación previa.
- La Figura 4 muestra elementos esenciales del elemento de control 57 según la forma de realización más preferida. Sin embargo, esto es solamente una forma de realización y no limita la invención a esta forma de realización.
- 10 Una primera unidad lógica 1 comprende las entradas para recibir las señales desde comparadores 51, 53 a través de líneas de señal 58, 59, como se muestra en la Figura 3. Por ejemplo, la señal lógica específica (por ejemplo, "1") se recibe a través de la línea de señal 58 si el potencial eléctrico de la puerta G está en el intervalo predefinido que
- 15 indica que hay un exceso de carga en el electrodo de control. Por lo tanto, el exceso de carga puede eliminarse de la puerta o del electrodo de control sin afectar a la máxima corriente de válvula posible durante el funcionamiento normal de la válvula 18.
- A través de la línea de señal 59, la primera unidad lógica 1 puede recibir la señal lógica específica (por ejemplo, un valor lógico alto = "1") que indica que el aumento de la corriente de válvula por unidad de tiempo ha excedido un
- 20 valor de umbral. Esto es un indicador de una situación de cortocircuito, especialmente cuando la válvula está en el estado activo, que se indica mediante la señal de activación/desactivación que se recibe a través de la línea 38 mediante una segunda unidad lógica 3. Sin embargo, la primera unidad lógica 1 no tiene esta información.
- Una señal de salida predefinida (por ejemplo, un "1" lógico) es proporcionada por la primera unidad lógica 1 a una unidad de filtro 2 si ambas señales de entrada de la unidad 1 corresponden a la señal lógica predefinida (por
- 25 ejemplo, "1").
- La unidad de filtro 2 está adaptada para proporcionar una señal lógica predefinida (por ejemplo, "1") si la señal de entrada de la unidad de filtro 2 sigue siendo la señal lógica predefinida a través de un intervalo de tiempo de longitud predefinida. La longitud de este intervalo de tiempo puede fijarse y puede transferirse a la unidad de filtro, como se
- 30 indica mediante la flecha situada encima de la unidad de filtro 2. La salida de la unidad de filtro 2 está conectada a la segunda unidad lógica 3 y a un generador de pulsos 4.
- El objetivo de la segunda unidad lógica 3 es producir una señal que indica que se cumplen las condiciones para el procedimiento de terminación previa y, por lo tanto, puede realizarse un tipo de proceso de desactivación. La señal de salida de la segunda unidad lógica 3 está marcada como "activar". Esta señal es un primer estado lógico que
- 35 indica que en este momento no hay ninguna terminación previa, si la señal de salida recibida desde la unidad de filtro 2 no es la señal lógica predefinida (por ejemplo, es "0"). Por otro lado, la señal de salida "activar" de la segunda
- 40 unidad lógica 3 tiene el otro estado lógico, que indica que puede producirse una terminación previa, si la señal de activación/desactivación recibida a través de la línea 38 indica el estado "activo" y si la señal recibida desde la unidad de filtro 2 es la señal lógica predefinida. La señal "activar" puede usarse internamente por otras unidades o dispositivos de la unidad de control 25, no mostrados en las Figuras 3 y 4.
- La Figura 5 muestra la tensión a través de la válvula VCE, la corriente de válvula ICE, la tensión de puerta-emisor VGE y la corriente de carga de puerta IGE en función del tiempo t. En los dos gráficos superiores, el valor 0 está situado en la parte inferior de la mitad superior del diagrama. En los dos gráficos inferiores, el valor 0 está situado en el centro de la mitad inferior del diagrama.
- 45 La Figura 5 muestra una situación de cortocircuito simulada en la que una de las válvulas en el tramo de fase de un convertidor se sustituye por una conexión paralela de una pluralidad de válvulas, de modo que se simula un cortocircuito cuando las válvulas conectadas en paralelo están activadas. Los cuatro gráficos muestran las cantidades eléctricas correspondientes de la otra válvula en el tramo de fase.
- 50 En el tiempo 0, el potencial de puerta VGE está al nivel de +15V. Esto significa que la válvula está en su estado activo. La escala de tiempo del diagrama se elige de manera que cada uno de los bloques rectangulares del diagrama tiene una anchura de 2  $\mu$ s. Poco antes del tiempo de 2  $\mu$ s se produce el cortocircuito simulado. Como resultado, la corriente de válvula ICE aumenta rápidamente. Puesto que se supervisa el incremento de la corriente de válvula por unidad de tiempo y el valor de umbral correspondiente se supera poco después del cortocircuito
- 55 simulado, el criterio para el proceso de terminación previa se cumple y, después de un retardo de tiempo (implementado, por ejemplo, por la unidad de filtro 2 según la Figura 4) comprendido entre 50 y 100 ns, en particular entre 60 y 80 ns, por ejemplo 70 ns, se inicia la terminación previa. Esto puede reconocerse por el abrupto descenso de la corriente de carga de puerta IGE, lo que significa que la puerta está descargada. La corriente de carga IGE alcanza un nivel de -13 V poco después del tiempo de 2  $\mu$ s. Esto significa que se produce una corriente de descarga
- 60 de 13 V. Este nivel continúa durante 600 ns aproximadamente. En este momento, el potencial de puerta VGE ha caído hasta un valor de 9 a 10 V aproximadamente y ha empezado a aumentar de nuevo debido a la capacitancia de
- 65

Miller. Además, la tensión a través de la válvula VCE ha empezado a aumentar, lo que significa que se ha preparado el proceso real de cerrar la válvula (desactivación de la válvula). Sin embargo, como puede observarse en la mitad superior del diagrama, la corriente de válvula no ha alcanzado su valor máximo en el tiempo de 2,7  $\mu$ s.

5 El proceso de terminación previa va seguido del proceso de desactivar la válvula sin ningún lapso de tiempo entre los dos procesos. El proceso de desactivación de la válvula puede reconocerse observando el desarrollo de la corriente de descarga de puerta IGE, que se reduce gradualmente (es decir, la corriente de carga está aumentando gradualmente hasta el nivel 0) mientras que la tensión a través de la válvula VCE está aumentando. Esto es simplemente un ejemplo del proceso de desactivación. Otras formas de realización pueden comprender otras  
10 maneras de controlar la corriente de descarga.

En la forma de realización específica mostrada en la Figura 5, el proceso de terminación previa está diseñado para eliminar una cantidad de carga predefinida de la puerta mediante la corriente de descarga controlada. Sin embargo, esto no garantiza que la puerta tenga una cantidad de carga correspondiente extraída al final de la terminación  
15 previa, ya que la capacitancia de Miller puede generar corrientes de carga al mismo tiempo. Esto es realmente el caso, como se muestra mediante el potencial de puerta VGE. Sin embargo, la situación también se produciría sin la terminación previa. Esto se describe con referencia a la Figura 6.

En la Figura 5, la corriente de válvula alcanza su valor máximo en tres microsegundos aproximadamente. Al mismo  
20 tiempo, la tensión a través de la válvula VCE empieza a aumentar rápidamente y el potencial en la puerta VGE disminuye hacia 0. El proceso de desactivación ha controlado la situación de cortocircuito y se evita el daño de la válvula.

La Figura 6 muestra un diagrama similar a la Figura 5, pero la escala de tiempo es diferente en la Figura 6 (cada  
25 bloque rectangular tiene una anchura de un microsegundo). Los gráficos corresponden a una situación de cortocircuito en la que no se lleva a cabo ninguna terminación previa. En cambio, solo se realiza un proceso estándar de desactivación de la válvula. Además, la tensión de enlace de CC es de 1.200 V en el ejemplo de la Figura 6, en comparación con los 1.800V en el ejemplo de la Figura 5. La Figura 6 muestra que la corriente de descarga solo comienza 0,5 microsegundos, aproximadamente, después del considerable aumento de la corriente  
30 de válvula provocada por el cortocircuito. Además, la corriente de descarga se reduce de nuevo (en el tiempo de 3,15  $\mu$ s), ya que la tensión de colector-emisor VCE supera un valor de umbral de 12 V. Sin embargo, esto puede evitarse con otras estrategias de desactivación de la válvula.

Puesto que no se realiza la terminación previa, la corriente de válvula alcanza un valor máximo que es un 50%  
35 mayor que el valor máximo en el ejemplo de la Figura 5. Además, la tensión a través de la válvula VCE alcanza un valor máximo considerablemente mayor (en el tiempo de 4,5  $\mu$ s) que supera en el ejemplo mostrado la tensión nominal de la válvula.

La Figura 7 muestra esquemáticamente la misma situación que la mostrada en la Figura 5. Además, dos señales  
40 lógicas se muestran en función del tiempo t entre el diagrama superior y el diagrama inferior de la Figura. La señal lógica superior indica si el incremento de la corriente de válvula por unidad de tiempo ha superado un valor de umbral predefinido. Si esta señal lógica es "1" (lo que se muestra mediante el nivel superior de la función escalonada), se cumple el criterio del proceso de terminación previa. La señal lógica inferior indica si el criterio para realizar el proceso de desactivación de la válvula se satisface o no.  
45

Cuando se satisface el criterio para el proceso de terminación previa y ha finalizado un intervalo de tiempo de  
retardo, se inicia el proceso de terminación previa y la corriente de descarga de puerta se mantiene a un valor constante hasta el final de la terminación previa. Durante la terminación previa se satisface el criterio para el proceso  
50 de desactivación de la válvula. Sin embargo, el proceso de terminación previa tiene prioridad y suplanta al proceso de desactivación de la válvula. Por lo tanto, el proceso de terminación previa finaliza en primer lugar y después, inmediatamente, se inicia el proceso de desactivación de la válvula.

La Figura 8 muestra esquemáticamente la situación de la Figura 6. De nuevo, se muestran las dos señales lógicas,  
55 de manera similar a la Figura 7, para la situación de cortocircuito de la Figura 6. Sin embargo, puesto que no hay ninguna terminación previa, la señal lógica superior no iniciará una terminación previa.

La Figura 9 muestra esquemáticamente una situación de cortocircuito adicional en la que se realiza un proceso de  
terminación previa. Sin embargo, en comparación con la situación de las Figuras 5 y 7, el aumento de la corriente de  
60 válvula no es continuo. En cambio, un primer incremento de la corriente va seguido de un descenso. A pesar de filtrar la señal de medición correspondiente del aumento de la corriente de válvula por unidad de tiempo, esta disminución hace que el proceso de terminación previa se interrumpa, como se muestra mediante la señal lógica superior de la Figura 9. Tan pronto como la corriente de válvula aumente de nuevo, el proceso de terminación previa continúa o vuelve a comenzar.

La Figura 10 muestra una situación en la que no se produce un cortocircuito, donde la función de supervisión del proceso de terminación previa está activada. La corriente de válvula ICE es constante a un nivel que es típico para el funcionamiento normal de la válvula en el estado activo.

- 5 Debido a la interferencia (por ejemplo, la inducción electromagnética), la señal lógica que indica que el criterio para el proceso de terminación previa se satisface pasa a ser un valor lógico alto y se inicia el proceso de terminación previa, como puede reconocerse a partir del descenso de la corriente de carga de puerta y del potencial de puerta. Sin embargo, dado que la función de terminación previa no da como resultado una corriente de válvula reducida, el funcionamiento normal de la válvula no se ve afectado.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para hacer funcionar una válvula electrónica (18) en un convertidor, en particular un convertidor de alta potencia, donde la válvula comprende un electrodo de control (G) aislado eléctricamente y donde el procedimiento comprende las siguientes etapas:
- 5
- el estado operativo del convertidor y/o de la válvula (18) se supervisan mientras que la válvula (18) está en el estado conductivo,
  - si el estado operativo satisface un primer criterio predefinido, indicar que hay un cortocircuito que afecta a la corriente que pasa por la válvula (18), y un primer proceso de descarga del electrodo de control (G) se realiza con el fin de hacer que la válvula (18) pase al estado no conductivo,
- 10
- caracterizado por que:
- si el estado operativo satisface un segundo criterio predefinido, indicar que puede haber un cortocircuito que afecte a la corriente que pasa por la válvula (18), y un segundo proceso de descarga del electrodo de control (G) se realiza antes de que se cumpla el primer criterio o se realiza antes de que se inicie el primer proceso,
  - el segundo proceso no hace que la válvula (18) pase al estado no conductivo, y
  - el segundo criterio predefinido está definido de manera que el primer proceso se acelere si se realiza después de haberse realizado el segundo proceso.
- 15
- 20
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el segundo proceso extrae una cantidad predefinida de carga del electrodo de control (G).
- 25
3. El procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que el segundo proceso extrae una cantidad de carga del electrodo de control (G) que no reduce la corriente a través de la válvula (18) durante condiciones de funcionamiento normales, sin cortocircuito, de la válvula.
- 30
4. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo proceso de descarga del electrodo de control (G) se realiza solamente si el estado operativo satisface el segundo criterio predefinido durante un intervalo de tiempo de longitud predefinida.
- 35
5. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo proceso de descarga del electrodo de control (G) termina inmediatamente si el estado operativo satisface un tercer criterio predefinido, lo que indica que no hay ningún cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula (18).
- 40
6. El procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el segundo proceso de descarga del electrodo de control (G) se termina si el estado operativo satisface un tercer criterio predefinido durante un intervalo de tiempo de longitud predefinida, lo que indica que no hay ningún cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula (18).
- 45
7. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer proceso es un proceso que hace que la válvula (18) pase al estado no conductivo independientemente de si se sigue cumpliendo o no el primer criterio predefinido, una vez que el primer proceso se haya iniciado o una vez que se haya tomado la decisión de iniciar el primer proceso.
- 50
8. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo criterio predefinido incluye el criterio de que la tensión entre el electrodo de control (G) y otro electrodo (EK) de la válvula (18) esté en un intervalo predefinido que incluya un valor que corresponda a un exceso de carga del electrodo de control (G), donde el exceso de carga se compara con el estado operativo de la válvula (18) en el que la válvula (18) es totalmente conductora para transportar la máxima corriente de válvula posible durante el funcionamiento normal, pero la carga no puede extraerse del electrodo de control (G) sin limitar la corriente de válvula.
- 55
9. Una disposición para hacer funcionar una válvula electrónica (18) en un convertidor, en particular un convertidor de alta potencia, donde la válvula comprende un electrodo de control (G) aislado eléctricamente y donde la disposición comprende:
- una unidad de supervisión (57) adaptada para supervisar el estado operativo del convertidor y/o de la válvula cuando la válvula (18) está en el estado conductivo,
  - una unidad de accionamiento (55) adaptada para realizar un primer proceso de descarga del electrodo de control (G) para hacer que la válvula (18) pase al estado no conductivo, si el estado operativo satisface un
- 60

primer criterio predefinido, lo que indica que hay un cortocircuito que afecta a una corriente que pasa por la válvula (18),

- 5 - la unidad de accionamiento (55) está adaptada para realizar un segundo proceso de descarga del electrodo de control (G) antes de que se cumpla el primer criterio o antes de que se inicie el primer proceso, si el estado operativo satisface un segundo criterio predefinido, lo que indica que puede haber un cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula (18),

10 donde la disposición está adaptada para realizar el segundo proceso de manera que la válvula (18) no pase al estado no conductivo mediante el segundo proceso, y el segundo criterio predefinido se define de tal manera que el primer proceso se acelere si se realiza después de que se haya realizado el segundo proceso.

10. La disposición según la reivindicación anterior, donde la disposición está adaptada para realizar el segundo proceso de tal manera que una cantidad predefinida de carga se extraiga del electrodo de control (G).

- 15 11. La disposición según una de las reivindicaciones anteriores, donde la disposición está adaptada para realizar el segundo proceso de tal manera que una cantidad de carga se extraiga del electrodo de control (G) que no reduzca la corriente a través de la válvula (18) durante condiciones de funcionamiento normales, sin cortocircuito, de la válvula.

- 20 12. La disposición según una de las reivindicaciones anteriores, donde la disposición está adaptada para realizar el segundo proceso de descarga del electrodo de control (G) solamente si el estado operativo satisface el segundo criterio predefinido durante un intervalo de tiempo de longitud predefinida.

- 25 13. La disposición según una de las reivindicaciones anteriores, donde la disposición está adaptada para terminar inmediatamente el segundo proceso de descarga del electrodo de control (G) si el estado operativo satisface un tercer criterio predefinido, lo que indica que no hay ningún cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula (18).

- 30 14. La disposición según una de las reivindicaciones 9 a 13, donde la disposición está adaptada para terminar el segundo proceso de descarga del electrodo de control (G) si el estado operativo satisface un tercer criterio predefinido durante un intervalo de tiempo de longitud predefinida, lo que indica que no hay ningún cortocircuito que afecte a una corriente que pase por la válvula (18).

- 35 15. La disposición según una de las reivindicaciones anteriores, donde la disposición está adaptada para realizar el primer proceso como un proceso que hace que la válvula (18) pase al estado no conductivo independientemente de si se sigue cumpliendo o no el primer criterio predefinido, una vez que el primer proceso se haya iniciado o una vez que se haya tomado la decisión de iniciar el primer proceso.

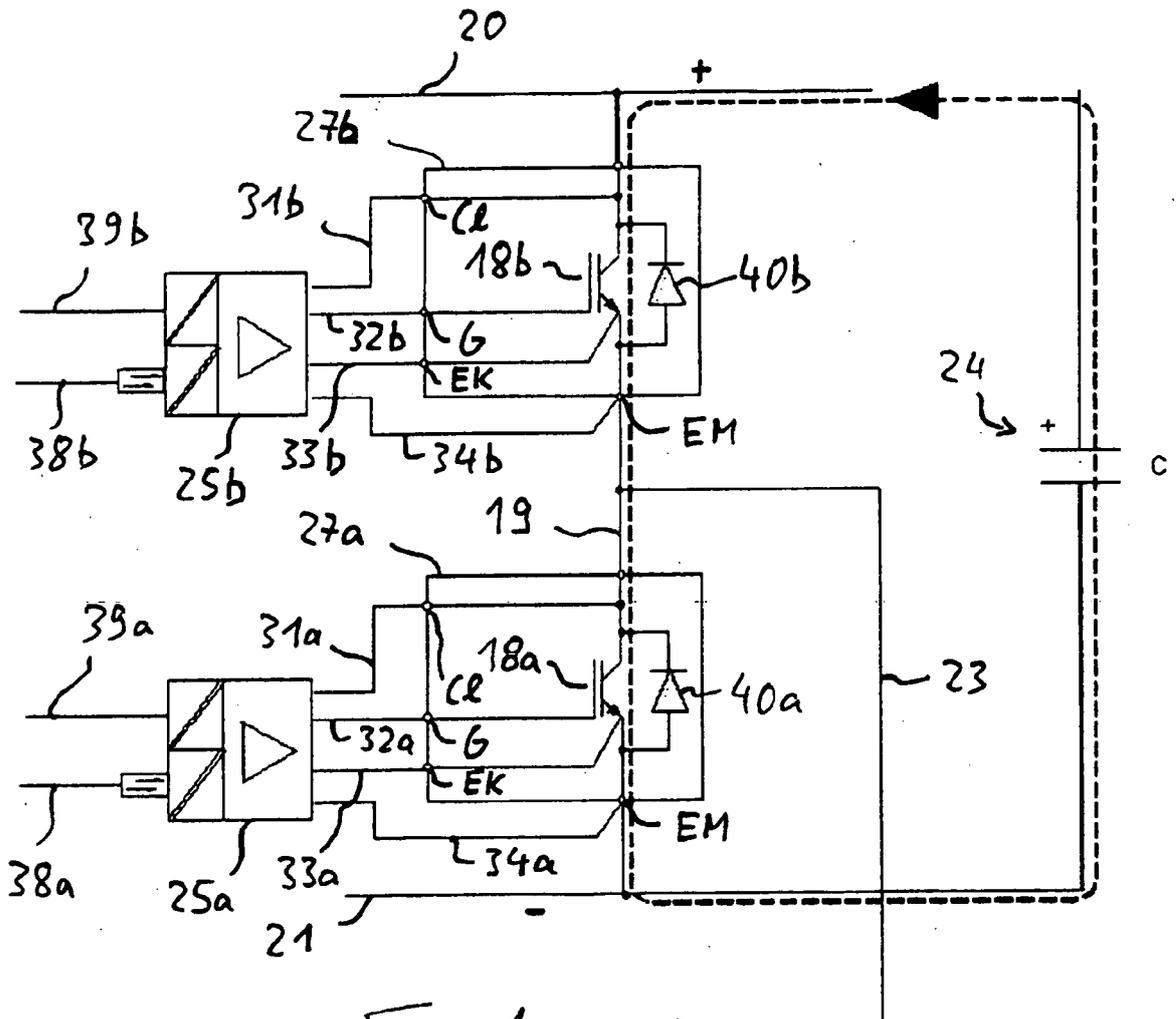


Fig. 1

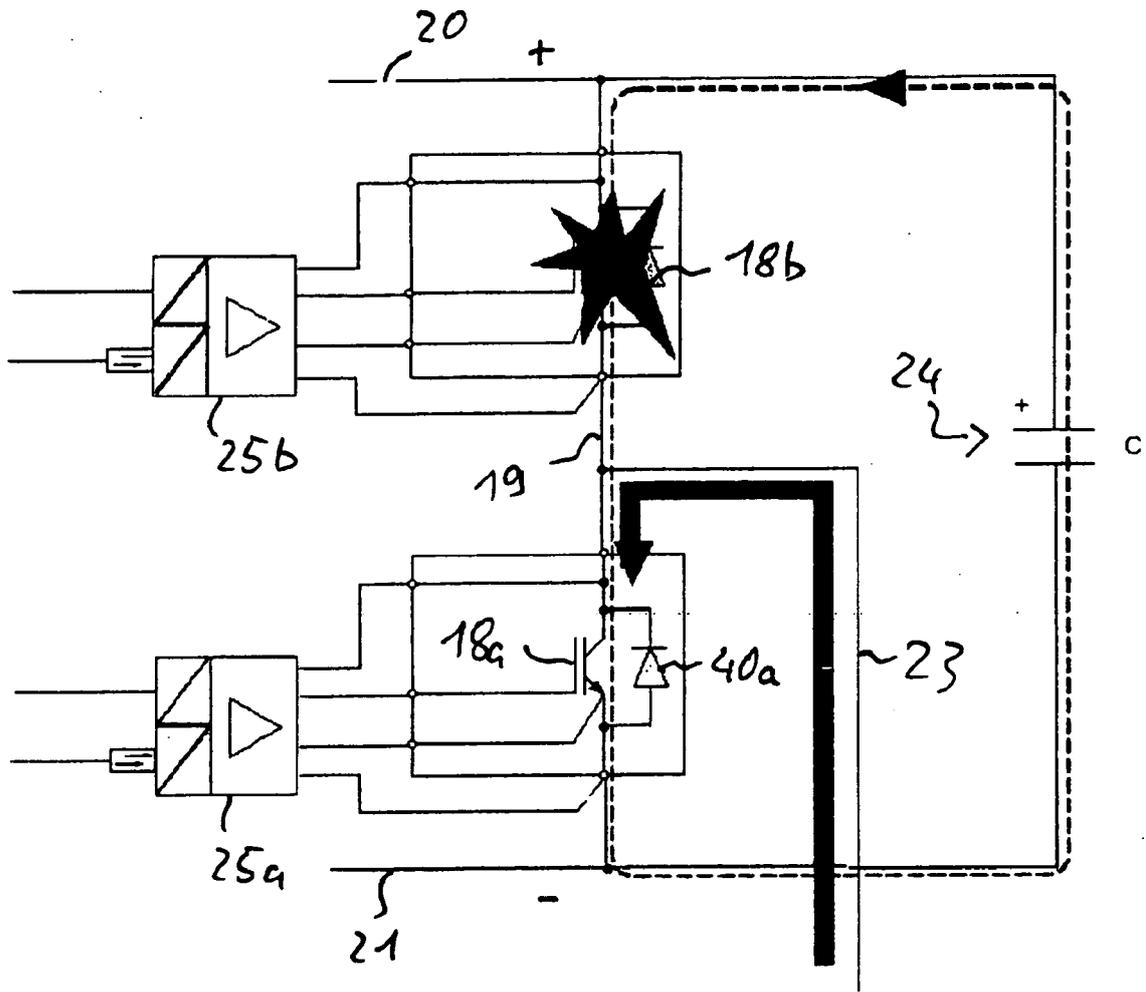


Fig. 2

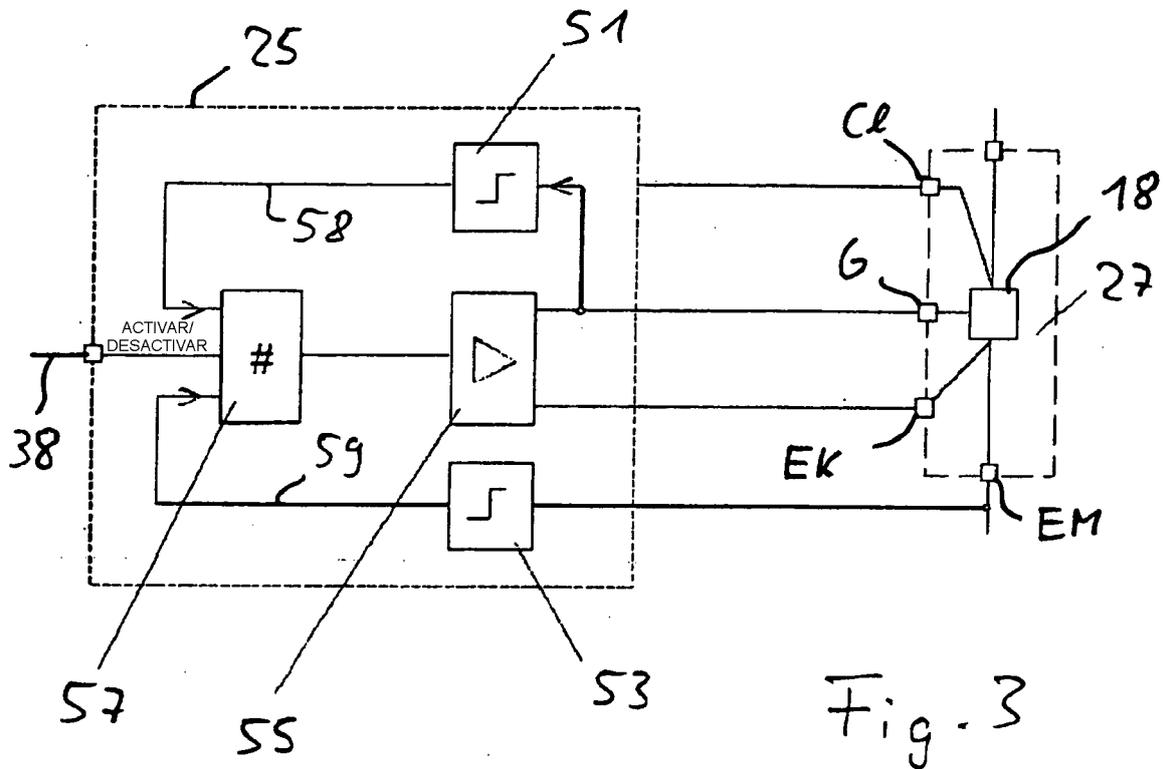


Fig. 3

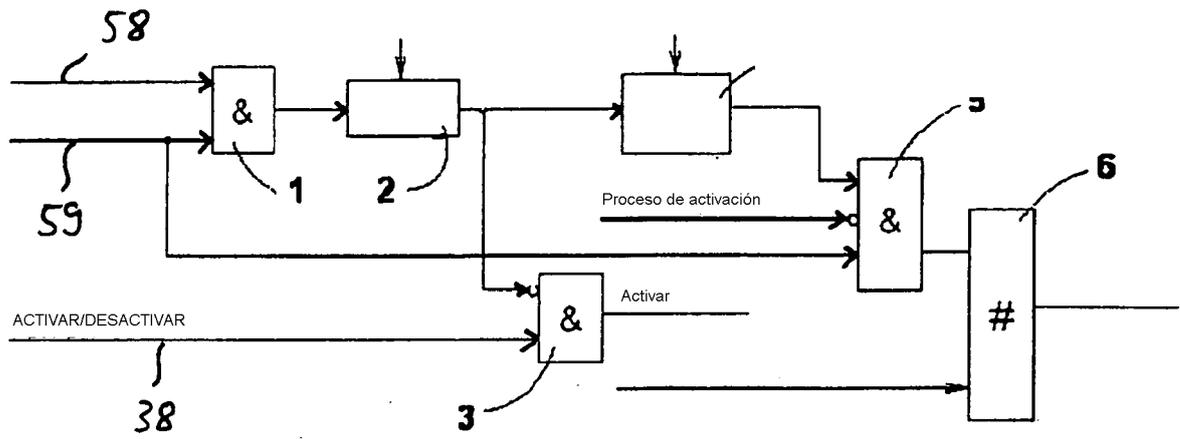


Fig. 4

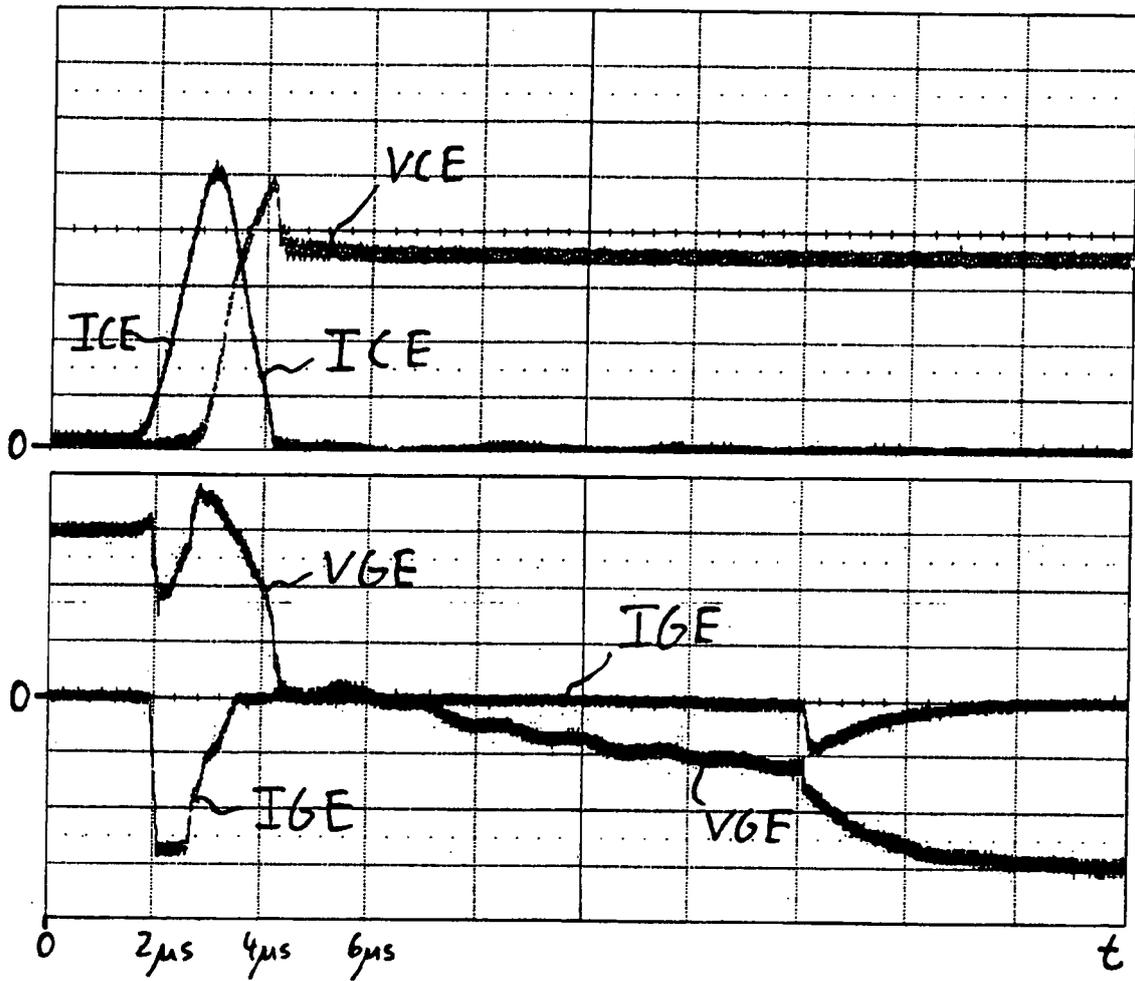


Fig. 5

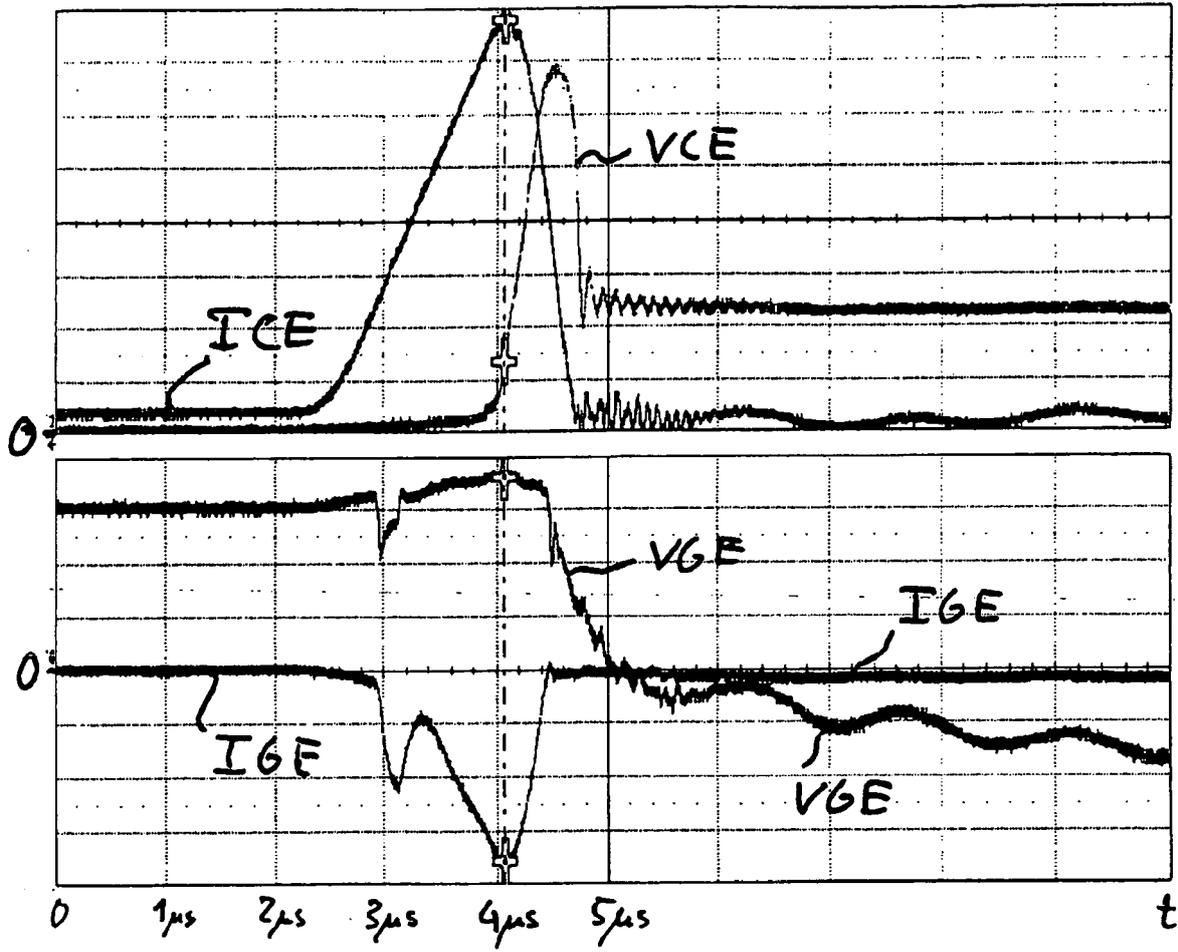


Fig. 6

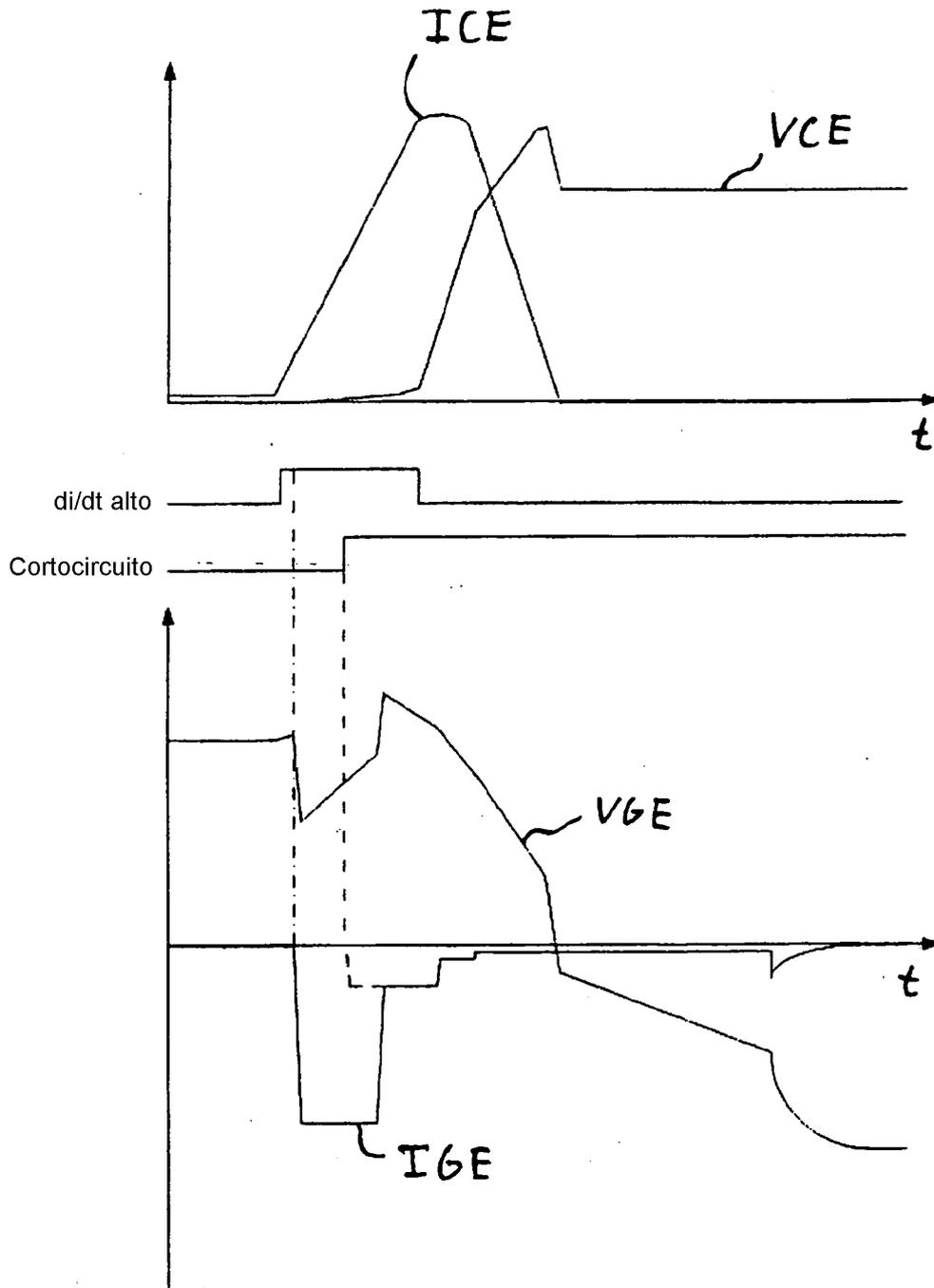


Fig. 7

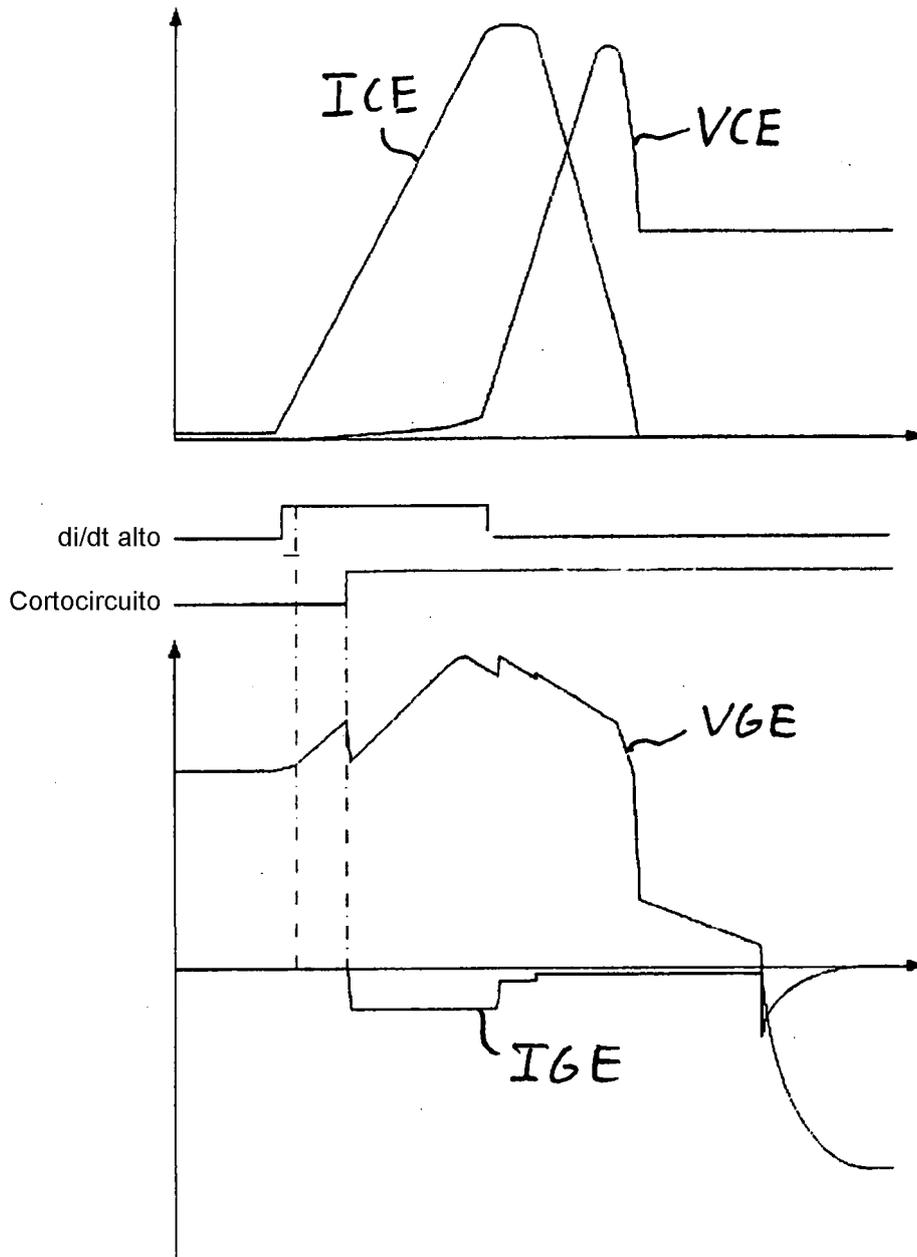


Fig. 8

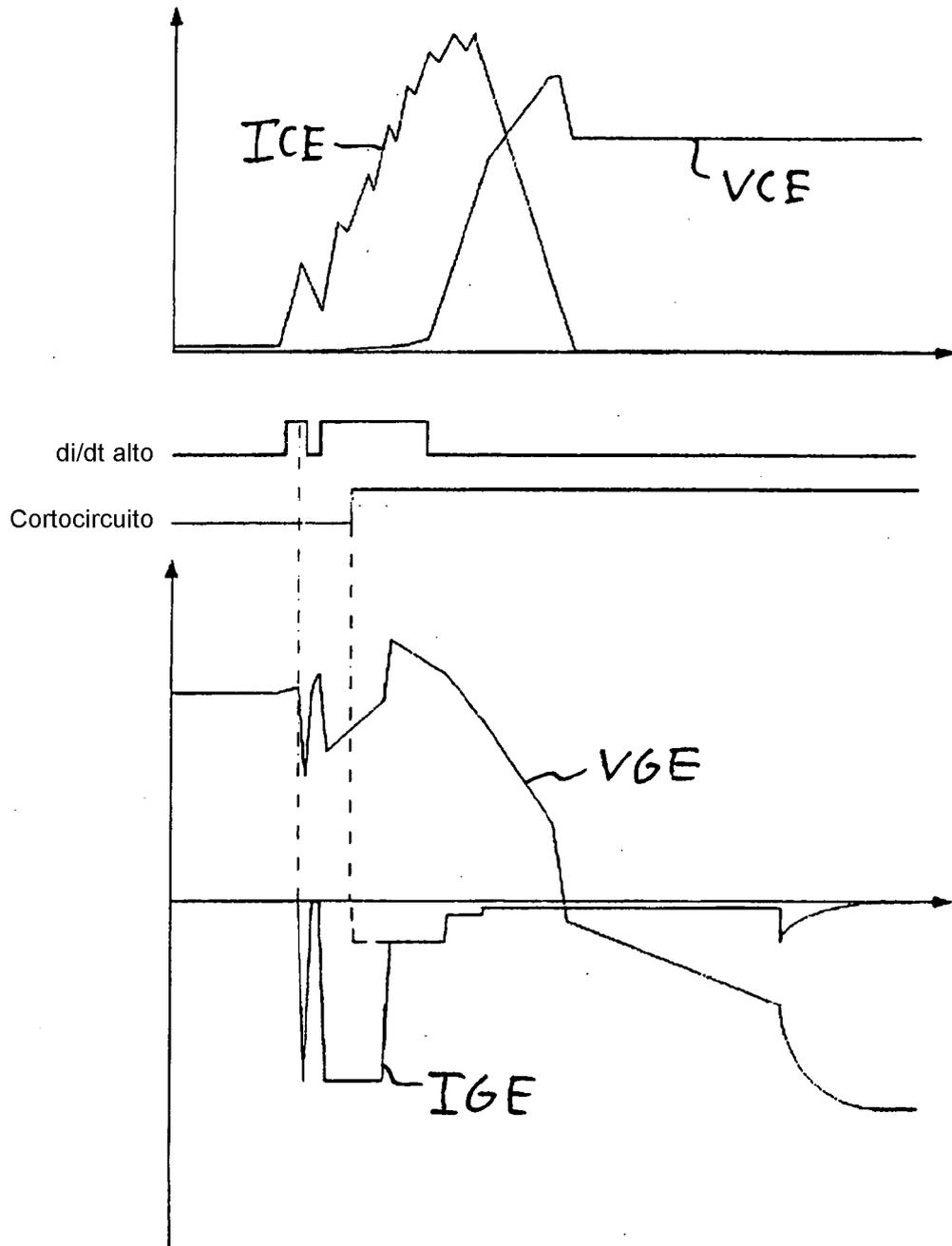


Fig. 9

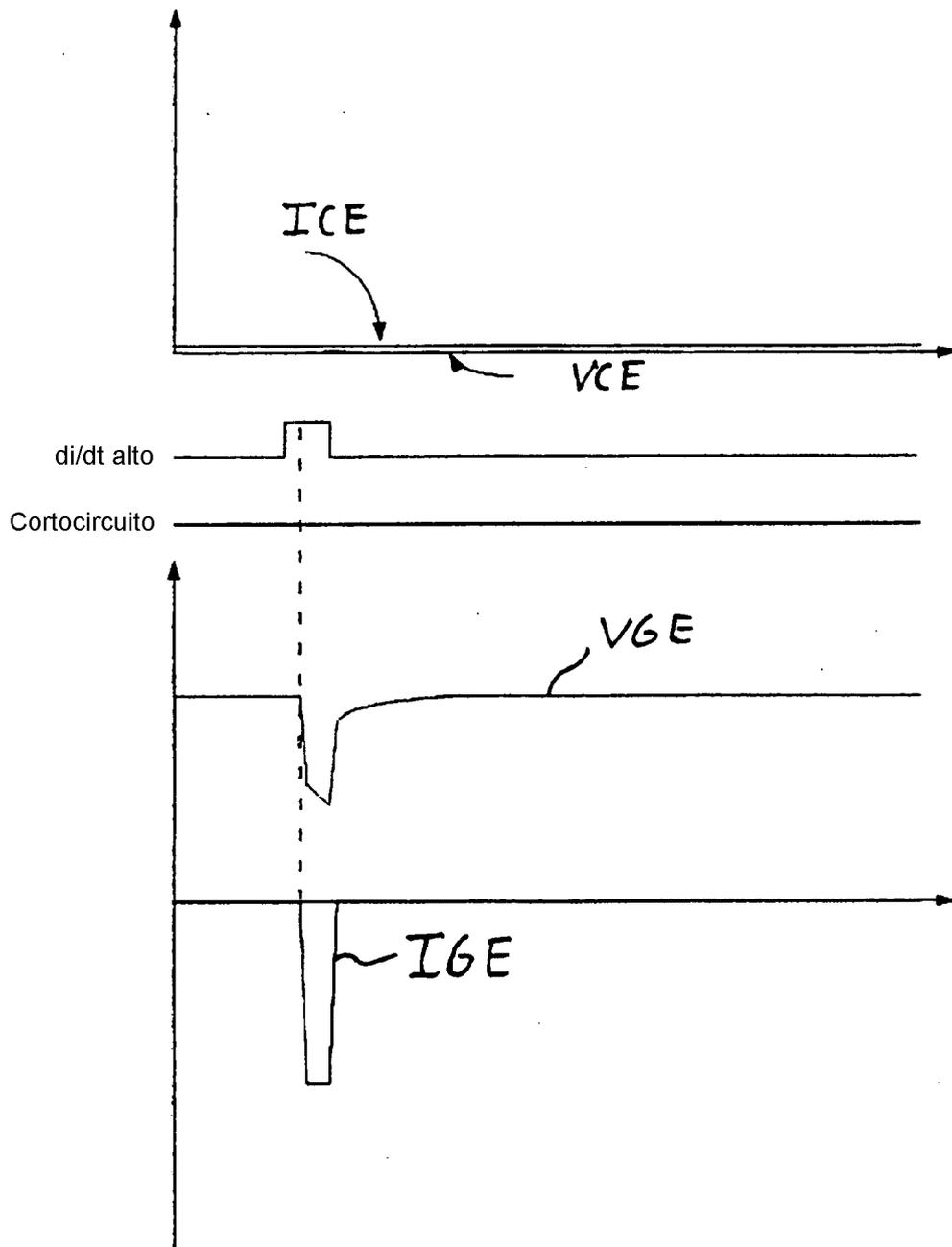


Fig. 10