

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 138**

51 Int. Cl.:

H02M 1/32 (2007.01)

H02M 5/458 (2006.01)

H02H 7/122 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09152677 .2**

96 Fecha de presentación: **12.02.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2093872**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.08.2009**

54 Título: **VARIADOR DE VELOCIDAD QUE INCLUYE UN DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBREINTENSIDADES Y LAS SOBRETENSIONES.**

30 Prioridad:
21.02.2008 FR 0851103

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.01.2012

73 Titular/es:
**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS
33, RUE ANDRÉ BLANCHET
27120 PACY SUR EURE, FR**

72 Inventor/es:
Baudesson, Philippe

74 Agente: **Polo Flores, Carlos**

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).

ES 2 372 138 T3

DESCRIPCIÓN

Variador de velocidad que incluye un dispositivo de protección contra las sobreintensidades y las sobretensiones.

5 La presente invención se refiere a un variador de velocidad dotado de un dispositivo de protección contra las sobreintensidades y las sobretensiones generadas por sobretensiones o subtensiones en la red de alimentación eléctrica. El documento EP 1 862 348 A1 da a conocer un variador que comprende todas las características descritas en el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Como es sabido, un variador de velocidad está conectado a la red de alimentación eléctrica y está diseñado con el fin de controlar una carga eléctrica. El variador comprende, en la entrada, un módulo rectificador de tensión que transforma una tensión alterna suministrada por la red eléctrica en una tensión continua y que alimenta aguas abajo a un bus de potencia dotado de una línea positiva y una línea negativa. Un condensador de filtro, denominado comúnmente condensador de bus, está montado entre un borne positivo y un borne negativo del bus de potencia.

15 En la salida, el variador comprende con un módulo inversor alimentado por el bus de potencia, que permite generar, a partir de la tensión continua, una tensión alterna que puede tener una amplitud y una frecuencia variables mediante el uso de interruptores electrónicos, por ejemplo, de tipo de transistor IGBT controlados mediante modulación por anchura de impulsos (MAI o PWM).

20 La red de alimentación eléctrica puede sufrir diferentes tipos de perturbaciones, tales como sobretensiones o subtensiones. Las perturbaciones pueden ser de gran amplitud y de corta duración y, por lo tanto, débilmente energéticas, o de baja amplitud y de larga duración y, por lo tanto, muy energéticas. Si las perturbaciones son muy energéticas, algunos de los componentes del variador, tales como los diodos del módulo rectificador, el condensador de bus o los transistores del módulo inversor, podrían sufrir daños, ya sea por una fuerte entrada de corriente en el

25 lado del módulo rectificador o por sobretensión en el lado del módulo inversor si el condensador de bus tiene una capacidad baja.

Por consiguiente, el objetivo de la invención consiste en dar a conocer un variador de velocidad que permita absorber las perturbaciones de la red eléctrica sin que se produzcan daños.

30 Este objetivo se consigue mediante un variador de velocidad que comprende:

- en la entrada, un módulo rectificador con el fin de generar, sobre un bus de potencia, una tensión continua a partir de una tensión alterna disponible en una red de alimentación eléctrica,

35 - un condensador de bus conectado entre una línea positiva y una línea negativa del bus de potencia, y

- un módulo inversor alimentado por el bus de potencia y controlado de modo que proporcione una tensión alterna a una carga eléctrica,

40 - un dispositivo de protección del variador contra las sobreintensidades ligadas a las variaciones de tensión en la red de alimentación eléctrica (A),

caracterizado porque este dispositivo de protección comprende:

45 - un primer interruptor electrónico de tipo transistor JFET hecho de un material con gran energía de la banda prohibida y situado sobre el bus de potencia en serie entre el módulo rectificador y el condensador de bus,

50 - un segundo interruptor electrónico montado sobre el bus de potencia, en paralelo con el transistor JFET,

- medios de control de transistor JFET y del segundo interruptor electrónico.

De acuerdo con una característica particular, el dispositivo de protección está montado sobre la línea positiva del bus de potencia.

55 Preferentemente, el primer interruptor electrónico de tipo transistor JFET es de tipo normalmente cerrado y está hecho de carburo de silicio.

60 Preferentemente, el segundo interruptor electrónico es un transistor de tipo JFET de tipo normalmente cerrado, hecho de carburo de silicio.

De acuerdo con otra característica particular, los medios de control del primer interruptor electrónico y del segundo interruptor electrónico están conectados entre la línea positiva y la línea negativa del bus de potencia.

5 De acuerdo con otra característica particular, los medios de control comprenden circuitos de bomba de carga de carga capaces de aplicar tensiones de control al primer y al segundo interruptores electrónicos.

10 De acuerdo con otra característica particular, los medios de control comprenden medios de almacenamiento que memorizan un valor umbral de la tensión medida en los bornes del transistor JFET, por encima del cual los medios de control ordenan la apertura del segundo interruptor electrónico. Los medios de almacenamiento también memorizan un valor umbral de la tensión medida entre la línea positiva y la línea negativa del bus de potencia, por encima del cual se ordena la apertura del segundo interruptor electrónico.

15 De acuerdo con una característica particular, el variador también comprende un dispositivo para proteger el módulo rectificador contra las sobretensiones. Este dispositivo para proteger el módulo rectificador contra las sobretensiones comprende, por ejemplo, un transistor de limitación de tipo JFET normalmente cerrado y un diodo Zener, conectados ambos en paralelo entre la línea positiva y la línea negativa del bus de potencia. De forma alternativa, este dispositivo para proteger el módulo rectificador contra las sobretensiones puede comprender un varistor de tipo GMOV conectado entre la línea positiva y la línea negativa del bus de potencia.

20 Otras características y ventajas aparecerán en la descripción detallada que sigue haciendo referencia a un modo de realización dado a título de ejemplo y representado en los dibujos adjuntos, en los cuales la figura 1 representa, de forma simplificada, un variador de velocidad dotado del dispositivo de protección de la invención.

25 Haciendo referencia a la figura 1, un regulador de velocidad 1 comprende una fuente de tensión continua que alimenta un bus de potencia con una tensión continua V_{dc} (por ejemplo, del orden de 200 a 800 Vdc o más, dependiendo de las condiciones de uso). El bus de potencia está compuesto por una línea positiva 10 y una línea negativa 11. Normalmente se utiliza un condensador de bus C_b con el fin de mantener constante la tensión continua V_{dc} del bus de potencia o de filtrar la corriente cortada del bus continuo controlada por el módulo inversor (variador de tipo «C-less»). Este condensador de bus C_b está conectado entre un borne positivo y un borne negativo del bus de potencia y, por lo general, es de tipo electrolítico en el caso de los variadores estándar o de tipo película en el caso de los variadores de tipo «C-less».

35 En la figura 1, el variador 1 comprende, en la entrada, un módulo rectificador 12 que está diseñado para rectificar tensión trifásica alterna procedente de una red de alimentación exterior A (por ejemplo, una red eléctrica trifásica de 380 VCA). Este módulo rectificador 12 utiliza ventajosamente unos diodos 120 que son más económicos y más fiables que los tiristores.

40 El variador de velocidad 1 comprende además, en la salida, un módulo inversor 13 que permite, a partir de un bus de potencia, controlar una carga eléctrica 2 con una tensión alterna que puede tener una amplitud y una frecuencia variables. El módulo inversor 13 utiliza para este fin un control por modulación por anchura de impulsos (MAI o PWM) para controlar los interruptores electrónicos de potencia 130 montados sobre cada fase. Estos interruptores son transistores de potencia, por ejemplo de tipo IGBT, controlados por un módulo de control, no representado en la figura 1.

45 En la figura 1, el módulo inversor 13 comprende tres ramas que permiten entregar una tensión alterna trifásica a la carga eléctrica 2, y cada rama está dotada de dos transistores de potencia en serie entre un borne positivo y un borne negativo del bus de potencia, es decir, un total de seis transistores de potencia.

50 La invención consiste en la colocación de un dispositivo de protección 14 en el variador con el fin de protegerlo contra las sobreintensidades y las sobretensiones ligadas a las variaciones de tensión en la red de alimentación eléctrica A.

Estas sobreintensidades pueden ser generadas por dos fenómenos distintos:

55 - durante una sobretensión, se produce una fuerte entrada de corriente en el condensador de bus C_b que puede causar daños en el puente de diodos del módulo rectificador 12 y una fuerte sobretensión en el bus de potencia que puede causar daños en el módulo inversor 13 y en el condensador de bus C_b ,

60 - cuando se retorna a la normalidad, después de una subtenensión, se produce igualmente una fuerte entrada de corriente en el condensador de bus C_b que puede causar daños en el puente de diodos del módulo rectificador 12.

Por tanto, es necesario limitar la corriente de entrada en el módulo rectificador 12 con el fin de protegerlo durante la aparición de una sobretensión o una subtenensión en la red A.

Para ello, el dispositivo 14 de la invención comprende un primer interruptor electrónico de tipo JFET normalmente abierto o normalmente cerrado.

Un transistor JFET es un interruptor electrónico de potencia conocida, que cuenta con una rejilla de control (G) cuya función es la de permitir o no el paso de una corriente entre un drenaje (D) y una fuente (S). Un transistor de este tipo se denomina de tipo normalmente cerrado (o «normally ON») si la tensión VGS entre la rejilla y la fuente es cercana a cero. Esto significa que la ruta drenaje - fuente es pasante o conductora en ausencia de tensión de control VGS. Por el contrario, un transistor JFET se denomina de tipo normalmente abierto (o «normally OFF») si la ruta drenaje - fuente no es conductora en ausencia de tensión VGS entre la rejilla y la fuente.

Además, se manifiesta que un interruptor electrónico de tipo transistor JFET normalmente cerrado ofrece bastantes mejores rendimientos que otros tipos de interruptores electrónicos de potencia controlados en tensión, tales como los MOSFET, los IGBT o incluso los interruptores de tipo JFET normalmente abierto. En efecto, un interruptor de este tipo presenta particularmente las ventajas de ser más rápido de conmutar, de generar menos pérdidas de conducción en el estado conductor (baja resistencia $R_{ds(on)}$ en el estado conductor), de tener un mejor comportamiento en temperatura y de tener un tamaño más pequeño.

El transistor JFET T1 está hecho de un material que posee una gran energía de la banda prohibida (también llamado «material de gran banda prohibida» o «wide-band gap material»), es decir, que presenta una baja resistencia en el estado conductor $R_{ds(on)}$ y es capaz de soportar tensiones importantes (superiores a 1000 V), como, por ejemplo, el carburo de silicio o el nitruro de galio (GaN).

Así pues, el dispositivo de protección 14 de la invención comprende preferentemente un transistor JFET T1, normalmente cerrado, hecho de un material con una gran energía de la banda prohibida, tal como el carburo de silicio o el nitruro de galio. El transistor T1 está montado sobre la línea positiva 10 del bus de potencia en serie entre el módulo rectificador 12 y el condensador de bus Cb.

El dispositivo comprende también un segundo interruptor electrónico conectado sobre la línea positiva 10 del bus de potencia, en paralelo con el transistor T1. Este segundo interruptor electrónico es un transistor T2, por ejemplo de tipo JFET, IGBT o MOSFET. Puede ser normalmente abierto o normalmente cerrado. Se utiliza preferentemente un transistor T2 de tipo JFET normalmente cerrado que, al igual que el transistor T1 está hecho de un material con una gran energía de la banda prohibida, es decir, que presenta una baja resistencia en el estado conductor $R_{ds(on)}$ y es capaz de soportar tensiones importantes (superiores a 1000 V), como, por ejemplo, el carburo de silicio o el nitruro de galio (GaN).

El dispositivo de la invención comprende medios de control 140 del transistor T1 y del transistor T2. Estos medios de control 140 comprenden principalmente medios de procesamiento que permiten decidir la conmutación del transistor T1 y del transistor T2, medios de almacenamiento, una fuente de alimentación destinada a controlar el transistor T1 y una fuente de alimentación destinada a controlar el transistor T2. Las fuentes de alimentación utilizadas son, por ejemplo, circuitos de bomba de carga («charge pump circuit» en inglés), que incluyen cada uno de ellos, por ejemplo, un condensador que se carga desde el bus de potencia durante la carga previa del circuito y un diodo Zener montado en paralelo con el condensador.

También es posible utilizar una fuente de alimentación externa aislada para controlar los transistores T1 y T2, pero en este caso, los medios de control 140 ya no reciben alimentación directamente desde el bus de potencia y el circuito ya no es independiente. En este caso, sería posible utilizar transistores T1 y T2 de tipo normalmente abierto.

Según la invención, el transistor T1 tiene, por ejemplo, una superficie de carburo de silicio que es suficiente para que, por un lado, su corriente de limitación en frío (por lo general a una temperatura inferior a 150 °C) sea mayor que la corriente normal requerida por la carga eléctrica 2 y para que, por otro lado, sea capaz de disipar una energía suficiente sin sufrir una rotura durante las fases transitorias de la carga del condensador de bus Cb, de sobretensión y subtenensión en la red de alimentación eléctrica A. Típicamente, un JFET de carburo de silicio es capaz de soportar 0,5 J por mm² sin sufrir una rotura por cortocircuito. La superficie de carburo de silicio del transistor T2 debe ser suficiente para que su corriente de limitación en frío sea mayor que la corriente normal requerida por la carga eléctrica 2. En caso de que no sea necesario que disipe energía, la superficie de T2 puede ser menor que la del transistor T1. Por lo tanto, la resistencia en el estado conductor $R_{ds(on)}$ del transistor T1 es menor que la resistencia en el estado conductor $R_{ds(on)}$ del transistor T2.

El variador 1 también comprende un condensador de desacoplamiento Cd conectado entre la línea positiva 10 y la línea negativa 11 del bus de potencia, aguas abajo del módulo rectificador 12 y aguas arriba del dispositivo de protección 14. Este condensador de desacoplamiento Cd sirve para soportar, por un período limitado, las fuertes sobretensiones menos energéticas que se produzcan en la red de alimentación eléctrica A.

En función de si el variador 1 está precargado en el momento de activación, ante una sobretensión o subtenensión de la red, el dispositivo de protección 14 del variador 1 funciona de la siguiente manera:

- En el momento de activación (es decir, en ausencia de corriente de carga):

El transistor T1 y el transistor T2 se encuentran inicialmente en el estado cerrado. Su resistencia en el estado de conducción ($R_{ds(on)}$) es muy baja. Por lo tanto, la tensión V medida en los bornes de drenaje y fuente de los transistores T1 y T2 en paralelo también es muy baja. Si el condensador de bus Cb tiene una capacidad baja (del orden de 2 $\mu\text{F/kW}$), su carga es rápida y requiere poca energía. En este caso, la entrada de corriente es baja y ninguno de los dos transistores se vuelve limitante. Sin embargo, si el condensador de bus Cb tiene una capacidad alta (decenas de $\mu\text{F/kW}$), se produce una alta entrada de corriente a través del condensador de bus Cb. El transistor T1 entra entonces en una fase de limitación cuando la corriente que lo atraviesa se vuelve mayor que su corriente de limitación. Si la corriente de carga del condensador Cb es mayor que la corriente de limitación del transistor T1, la corriente puede pasar a través del transistor T2. Si la corriente que pasa a través del transistor T2 es mayor que la corriente de limitación, el transistor T2, a su vez, se vuelve limitante. Cuando los transistores T1 y T2 se vuelven ambos limitantes, aumenta la tensión V medida. Cuando esta tensión V supera un primer valor umbral S1, por ejemplo, igual a 3 voltios, se activa la apertura del transistor T2. Por lo tanto, toda la corriente de carga pasa a través del transistor T1. Durante la fase transitoria asociada con la carga del condensador de bus Cb, el transistor T1 también debe soportar la diferencia de tensión entre la tensión de salida del módulo rectificador 12 y la tensión en los bornes del condensador de bus Cb. Por consiguiente, al soportar tanto una corriente como un voltaje, el chip de carburo de silicio del transistor T1 debe disipar una gran cantidad de energía, lo que provoca un aumento de su temperatura de unión y una fuerte modificación de su transconductancia, que es inversamente proporcional a la temperatura. La fuerte reducción de la transconductancia del transistor T1 reduce su corriente de limitación en una tensión de rejilla determinada (típicamente, en un chip de silicio de carburo, existe una proporción de diez entre la corriente de limitación en frío y en caliente). En consecuencia, después de una gran disipación del transistor T1, es necesario dejar que se enfríe de modo que pueda volver a una corriente de limitación en frío.

Una vez completada la carga del condensador de bus Cb, la tensión V en los bornes de los transistores T1 y T2 toma un valor nulo y, por lo tanto, vuelve a caer por debajo del primer valor umbral S1. Entonces se activa el cierre del transistor T2. Idealmente, se debe activar la apertura del transistor T2 tan pronto como el transistor T1 entre en limitación, de modo que no se vuelva limitante y, por consiguiente, no se caliente, con el fin de no modificar el valor de su transconductancia. El transistor T2 que no se haya calentado o que se haya calentado muy poco estará disponible para una activación inmediata de la carga eléctrica 2 y del variador 1 sin necesidad de esperar a que el transistor T1 se enfríe. De este modo, el transistor T2 elimina el efecto de memoria térmica del transistor T1.

Sin el transistor T2, existiría un alto riesgo de que la corriente de la carga eléctrica 2 y del variador 1 fuesen superiores a la corriente de limitación del transistor T1. En ese caso, el transistor T1 se habría mantenido en un estado de limitación que provocaría una integración de la energía que debería haber sido disipada y un aumento de su temperatura de unión hasta su rotura por cortocircuito. Una vez roto, el transistor T1 ya no tiene la capacidad de limitar la corriente y, en consecuencia, de proteger el variador 1.

Sobretensiones de la red

En el caso de una sobretensión en la red de alimentación eléctrica A, el condensador de bus Cb crea una fuerte entrada de corriente. En esta situación, la tensión continua Vdc medida en los bornes del condensador de bus Cb alcanza entonces un valor máximo Vdcmax. Cuando la tensión Vdc es superior a un segundo valor umbral S2, inferior a Vdcmax, se activa la apertura del transistor T2. De igual modo, se puede activar la apertura del transistor T2 si los dos transistores T1 y T2 han vuelto a ser limitantes y si la tensión V medida entre los bornes de drenaje y fuente de los dos transistores ha superado el primer valor umbral S1. Una vez que el transistor T2 queda bloqueado, los medios de control 140 activan el paso del transistor T1 al estado lineal con el fin de limitar la corriente en el bus de potencia de modo que se regule la tensión continua Vdc a la tensión máxima Vdcmax. El segundo valor umbral S2 se elige de manera que el transistor T2 se abra en caso de sobretensión y permanezca abierto mientras el transistor T1 esté regulando la tensión Vdc en torno a Vdcmax. El segundo valor umbral S2 es, por ejemplo, igual a Vdcmax-15 voltios. El transistor T1 soporta entonces toda la sobretensión y disipa toda la energía generada por el aumento de su resistencia y el paso de la corriente destinada a la carga 2.

Si la sobretensión desaparece y el condensador de bus Cb está completamente cargado, la tensión V en los bornes de los transistores T1 y T2 toma un valor nulo y, por lo tanto, vuelve a caer por debajo del primer valor umbral S1. Entonces se activa el cierre del transistor T2. El transistor T1 puede entonces enfriarse, dado que la corriente de carga pasa preferentemente a través del transistor T2. Así pues, el transistor T2 elimina el efecto de memoria térmica del transistor T1.

Si la sobretensión persiste y la corriente de limitación se hace menor que la corriente de carga debido al aumento progresivo de la resistencia del transistor T1, el transistor T1 ya no puede suministrar la corriente demandada por la carga 2, lo que provoca una reducción de la tensión Vdc.

Si se eleva de nuevo la tensión Vdc y la tensión V en los bornes de los transistores T1 y T2 cae por debajo del primer valor umbral S1, se activa la apertura del transistor T2, lo que contribuye a aliviar el transistor T1 al suprimir el efecto de memoria térmica del transistor T1.

Por otro lado, si la tensión Vdc cae por debajo de un valor umbral Vdcmín, el módulo inversor 13 se detiene, de modo que ya no suministra corriente a la carga eléctrica 2. Es entonces necesario recargar el condensador de bus Cb, procediendo de la misma manera que durante la activación. Cuando el condensador de bus Cb está completamente cargado, se activa el cierre del transistor T2. Por ejemplo, el módulo inversor 13 se vuelve a activar después de un período definido, por ejemplo, con la ayuda de una orden de control de tipo reanudación sobre la marcha. Los dos transistores T1 y T2 se encuentran entonces en el estado cerrado y la corriente de carga puede pasar a través del transistor T2 hasta que el transistor T1 se ha enfriado.

Además, si la tensión V en los bornes de los transistores T1 y T2 se mantiene en un valor superior al primer valor umbral S1 mientras que la tensión Vdc permanece por encima del valor umbral Vdcmín, durante un tiempo superior a un período t determinado, por ejemplo igual a tres segundos, esto que significa que la sobretensión ha finalizado y que la corriente de carga se mantiene ligeramente por debajo de la corriente de limitación del transistor T1. Debido al efecto de memoria térmica, el transistor T1 se mantiene en limitación. Con el fin de protegerlo, ahora se activa la apertura del transistor T1 con el fin de que la tensión Vdc se anule. Después de un período definido necesario para que el transistor T1 se enfríe, el condensador de bus Cb se recarga procediendo de la misma manera que durante la activación. A continuación, el módulo inversor 13 se vuelve a activar después de un período definido, por ejemplo, con la ayuda de una orden de control de tipo reanudación sobre la marcha.

- Subtensión de la red

Durante una subtensión en la red de alimentación del variador, el transistor T1 está cerrado y el condensador de bus Cb se descarga si existe una carga eléctrica 2 en el inversor o no se descarga si no existe carga eléctrica 2 en el inversor. Una vez finalizada la subtensión, tras el retorno a una tensión normal, no se produce ninguna entrada de corriente si el condensador de bus Cb no se ha descargado. Por el contrario, si el condensador de bus Cb se ha descargado durante la subtensión con el fin de alimentar la carga eléctrica 2, el condensador de bus Cb se debe recargar tras el retorno a una tensión normal, lo que origina una fuerte entrada de corriente a través del condensador de bus Cb. En esta situación, como ocurre durante la activación, los transistores T1 y T2 se vuelven limitante, lo que tiene el efecto de aumentar la tensión V medida en sus bornes. Cuando esta tensión V supera un primer valor umbral S1, se activa la apertura del transistor T2. Entonces el transistor T1 soporta por completo el retorno de la subtensión y se calentará.

Si la corriente de limitación no es menor que la corriente de carga, el condensador de bus Cb se puede cargar con normalidad a través del transistor T1. Entonces, una vez que el condensador de bus Cb está completamente cargado, la tensión V en los bornes de los transistores T1 y T2 toma un valor nulo. Se activa el cierre del transistor T2 y este puede ser utilizado para hacer pasar la corriente de carga. De este modo, permite eliminar el efecto memoria térmica del transistor T1, que se ha calentado durante la carga del condensador de bus Cb.

Por otro lado, si la corriente de limitación se hace menor que la corriente de carga debido al aumento progresivo de la resistencia del transistor T1, la tensión Vdc se reduce debido a que el condensador de bus Cb se descarga. Cuando la tensión Vdc cae por debajo de un valor umbral Vdcmín, el módulo inversor 13 se detiene con el fin de preservar los transistores T1 y T2. La carga eléctrica 2 deja de recibir alimentación. Al igual que durante una sobretensión, es entonces necesario recargar el condensador de bus Cb, procediendo de la misma manera que durante la activación. Cuando el condensador de bus Cb está completamente cargado, se activa el cierre del transistor T2. Por ejemplo, el módulo inversor 13 se puede volver a activar después de un período definido, por ejemplo, con la ayuda de una orden de control de tipo reanudación sobre la marcha. Los dos transistores T1 y T2 se encuentran en el estado cerrado y la corriente de carga puede pasar a través del transistor T2 hasta que el transistor T1 se ha enfriado.

Además, si la tensión V en los bornes de los transistores T1 y T2 se mantiene en un valor superior al primer valor umbral $S1$ mientras que la tensión V_{dc} sigue siendo superior al valor umbral V_{dcmin} , durante un tiempo superior a un período t determinado, por ejemplo igual a tres segundos, esto que significa que la sobretensión ha finalizado y
 5 que la corriente de carga se mantiene ligeramente por debajo de la corriente de limitación del transistor T1. Entonces se activa la apertura del transistor T1 con el fin de que la tensión V_{dc} se anule. Después de un período definido necesario para que el transistor T1 se enfríe, el condensador de bus C_b se recarga procediendo de la misma manera que durante la activación. A continuación, el módulo inversor 13 se vuelve a activar después de un período definido, por ejemplo, con la ayuda de una orden de control de tipo reanudación sobre la marcha.

10 El dispositivo 14 de la invención tiene un interés particular en los variadores dotados de un condensador de bus CB de baja capacidad. El dispositivo consiste en el uso del transistor T2 para reducir el efecto de la resistencia remanente del transistor T1 y, por lo tanto, permitir que el transistor T1 tenga tiempo para enfriarse.

15 La anterior descripción de las diferentes secuencias de control se refiere a un dispositivo de protección dotado de transistores T1 y T2 normalmente cerrados. Sin embargo, debe entenderse de la misma manera en el caso de utilizar transistores T1 y T2 de tipo normalmente cerrado. Sin embargo, en este caso, es necesario contar con una fuente de alimentación aislada específica en los medios de control con el fin de controlar los transistores T1 y T2.

20 Sin embargo, la solución de la invención tiene el inconveniente de que origina una gran variación en la intensidad (di/dt elevada) en el módulo rectificador 12 durante una sobretensión.

Con el fin de disipar la energía producida, es posible añadir en paralelo con el condensador de desacoplamiento C_d
 25 un varistor de tipo GMOV M1 (representado por la línea de puntos) o un transistor JFET T3 normalmente abierto, dotado en paralelo con un diodo Zener Z1. El cierre del transistor T3 se controlará, por ejemplo, a través de su función de avalancha o mediante el uso de un control específico.

REIVINDICACIONES

1. Variador de velocidad (1) que comprende:

- 5 - en la entrada, un módulo rectificador (12) con el fin de generar, sobre un bus de potencia (10, 11), una tensión continua a partir de una tensión alterna disponible en una red de alimentación eléctrica (A),
- un condensador de bus (Cb) conectado entre una línea positiva y una línea negativa del bus de potencia, y
- 10 - un módulo inversor (13) alimentado por el bus de potencia y controlado de modo que proporcione una tensión alterna a una carga eléctrica (2),
- un dispositivo de protección (14) del variador contra las sobreintensidades ligadas a las variaciones de tensión en la red de alimentación eléctrica (A),
- 15 **caracterizado porque** este dispositivo de protección (14) comprende:
 - un primer interruptor electrónico de tipo transistor JFET (1) hecho de un material con gran energía de la banda prohibida y situado sobre el bus de potencia en serie entre el módulo rectificador (12) y el condensador de bus,
 - 20 - un segundo interruptor electrónico (T2) montado sobre el bus de potencia, en paralelo con el transistor JFET (T1),
 - medios de control (140) del transistor JFET (T1) y del segundo interruptor electrónico (T2).

25 2. Variador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dispositivo de protección (14) está montado sobre la línea positiva (10) del bus de potencia.

30 3. Variador según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el primer interruptor electrónico (T1) está hecho de carburo de silicio.

4. Variador según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el transistor JFET (T1) es de tipo normalmente cerrado.

35 5. Variador según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el segundo interruptor electrónico es un transistor (T2) de tipo JFET.

6. Variador según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el segundo interruptor electrónico está hecho de carburo de silicio.

40 7. Variador según la reivindicación 5 o 6, **caracterizado porque** el segundo interruptor electrónico es de tipo normalmente cerrado.

45 8. Variador según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** los medios de control (140) del primer interruptor electrónico y del segundo interruptor electrónico están conectados entre la línea positiva (10) y la línea negativa (11) del bus de potencia.

50 9. Variador según la reivindicación 8, **caracterizado porque** los medios de control (140) comprenden circuitos de bomba de carga capaces de aplicar tensiones de control al primer y al segundo interruptores electrónicos.

55 10. Variador según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** los medios de control (140) comprenden medios de almacenamiento que memorizan un valor umbral (S1) de la tensión (V) medida en los bornes del transistor JFET (T1), por encima del cual los medios de control (140) ordenan la apertura del segundo interruptor electrónico (T1) .

60 11. Variador según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** los medios de control (140) comprenden medios de almacenamiento que memorizan un valor umbral (S2) de la tensión medida entre la línea positiva (10) y la línea negativa (11) del bus de potencia, por encima del cual se ordena la apertura del segundo interruptor electrónico.

12. Variador según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** comprende además un

dispositivo para proteger el módulo rectificador (12) contra las sobretensiones.

5 13. Variador según la reivindicación 12, **caracterizado porque** el dispositivo para proteger el módulo rectificador (12) contra las sobretensiones comprende un transistor de limitación (T3) de tipo JFET normalmente cerrado y un diodo Zener (Z1), conectados ambos en paralelo entre la línea positiva (10) y la línea negativa (11) del bus de potencia.

10 14. Variador según la reivindicación 12, **caracterizado porque** el dispositivo para proteger el módulo rectificador (12) contra las sobretensiones comprende un varistor (M1) de tipo GMOV conectado entre la línea positiva (10) y la línea negativa (11) del bus de potencia.

