

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 137**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/32** (2007.01)

**H02H 7/122** (2006.01)

**H02M 5/458** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09152676 .4**

96 Fecha de presentación: **12.02.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2093871**

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

54 Título: **DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD CONTRA LAS SOBREINTENSIDADES.**

30 Prioridad:  
**21.02.2008 FR 0851101**

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 y  
Boulharts, Hocine**

74 Agente: **Polo Flores, Carlos**

ES 2 372 137 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**

Dispositivo de protección de un variador de velocidad contra las sobreintensidades.

5 La presente invención se refiere a un variador de velocidad dotado de un dispositivo de protección contra las sobreintensidades generadas por sobretensiones o subtensiones en la red de alimentación eléctrica. El documento EP1862348A1 da a conocer un variador que comprende 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.

25 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,

**caracterizado porque** el dispositivo de protección comprende:

- 45 - un primer interruptor electrónico situado sobre el bus de potencia en serie entre el módulo rectificador y el condensador de bus,
- una primera resistencia montada en paralelo con el primer interruptor electrónico,
- 50 - un conjunto que comprende un segundo interruptor electrónico y una segunda resistencia montados en serie, estando dicho conjunto montado en paralelo con el primer interruptor electrónico y la primera resistencia,
- medios de control del primer interruptor electrónico y del segundo interruptor electrónico.

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

Preferentemente, el primer interruptor electrónico es un transistor de tipo JFET, normalmente cerrado, hecho de un material con una gran energía de la banda prohibida, tal como el carburo de silicio.

60 De acuerdo con una característica particular, los medios de control del transistor JFET están conectados entre la línea positiva y la línea negativa del bus de potencia. Estos medios de control comprenden, por ejemplo, un circuito

de bomba de carga capaz de aplicar una tensión de control al transistor JFET.

Preferentemente, el segundo interruptor electrónico es de tipo normalmente abierto. Los medios de control del segundo interruptor electrónico comprenden un circuito de bomba de carga capaz de aplicar una tensión de control al segundo interruptor electrónico.

Según la invención, 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 transistor JFET. Asimismo, los medios de almacenamiento memorizan una duración predeterminada después de la cual, si la tensión medida en los bornes del transistor JFET es mayor que el valor umbral, se ordena el cierre del segundo interruptor electrónico. Los medios de almacenamiento pueden memorizar 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 el cierre del segundo interruptor electrónico.

Preferentemente, 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, el dispositivo para proteger el módulo rectificador contra las sobretensiones comprende un varistor de tipo GMOV conectado entre la línea positiva y la línea negativa del bus de potencia.

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.

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 Vdc. (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 Cb con el fin de mantener constante la tensión continua Vdc. del bus de potencia. Este condensador de bus Cb está conectado entre un borne positivo y un borne negativo del bus de potencia y, por lo general, es de tipo electrolítico.

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.

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. 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.

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

Estas sobreintensidades pueden ser generadas por dos fenómenos distintos:

- durante una sobretensión, se produce una fuerte entrada de corriente en el condensador de bus Cb 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 Cb,

- cuando se retorna a la normalidad, después de una subtensión, se produce igualmente una fuerte entrada de corriente en el condensador de bus Cb 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 subtensión en la red A.

Para ello, el dispositivo 14 de la invención comprende un primer interruptor electrónico, por ejemplo un JFET,

MOSFET o IGBT normalmente abierto o normalmente cerrado.

Preferentemente, el primer interruptor electrónico 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  $R_{dson}$  y es capaz de soportar tensiones importantes (superiores a 1000 V), como, por ejemplo, el carburo de silicio o el nitruro de galio (GaN).

Preferentemente, este primer interruptor electrónico es de tipo JFET. 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 transistor JFET de tipo 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  $R_{dson}$  en el estado conductor), de tener un mejor comportamiento en temperatura y de tener un tamaño más pequeño.

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 entre el módulo rectificador 12 y el condensador de bus Cb. El dispositivo 14 también comprende una primera resistencia R1 montada en paralelo con el transistor T1 y un conjunto constituido por una segunda resistencia R2 y un segundo interruptor electrónico montados en serie, estando dicho conjunto montado en paralelo con el transistor T1 y la primera resistencia R1. El segundo interruptor electrónico es, por ejemplo, un transistor T2 de tipo IGBT normalmente abierto.

La primera resistencia tiene un valor elevado, del orden de varias decenas de ohmios, por ejemplo, 70 ohmios (en el caso de un variador de 4 kW, entre 100 ohmios y 10 ohmios), mientras que la segunda resistencia tiene un valor bajo, del orden de unos pocos ohmios, por ejemplo 3 ohmios, (en el caso de un variador de 4 kW, entre 5 ohmios y 0,5 ohmios).

El dispositivo de la invención comprende además 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 de los transistores T1 y T2, medios de almacenamiento de diferentes valores umbral, 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, 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. El circuito de bomba de carga destinado a controlar el transistor T2 electrónico tiene su origen en el drenaje del transistor T1, mientras que el circuito de bomba de carga del transistor T1 tiene su origen en la fuente del transistor T1. También es posible utilizar fuentes de alimentación externas aisladas 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, se podría considerar la posibilidad de usar un transistor T1 de tipo normalmente abierto y disponer el dispositivo de protección 14 de la invención sobre la línea negativa 11 del bus de potencia entre el módulo rectificador 12 y el condensador de bus Cb.

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 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 subtensión de la red, el dispositivo de protección 14 del variador 1 funciona de la siguiente manera:

- En el momento de activación:

Inicialmente, el transistor T1 es conductor. Su resistencia en el estado de conducción ( $R_{dson}$ ) es muy baja. Por lo

tanto, la tensión V medida en los bornes del transistor T1 también es muy baja. El transistor T2 está inicialmente abierto.

El transistor T1 se vuelve limitante tan pronto como la corriente que lo atraviesa se vuelve mayor que su corriente de limitación. La corriente de limitación es suficiente para cargar los dos condensadores de los circuitos de bomba de carga de los transistores T1 y T2. Una vez que el condensador del circuito de bomba de carga del transistor T1 está cargado, los medios de control 140 aplican una tensión para controlar la apertura de T1 con el fin de cargar el condensador de bus Cb a través de la primera resistencia R1. La primera resistencia R1 tiene un alto valor, lo que permite que el condensador de bus Cb se cargue lentamente y cumpla la función de un circuito de precarga. Si la tensión Vdc. en los bornes del condensador de bus es mayor que un primer valor umbral S1 memorizado, por ejemplo, 250 voltios, es posible controlar la apertura del transistor T2 con el fin de acelerar la carga del condensador de bus Cb, presentando la segunda resistencia R2 en serie con T2 un valor menor que el de la primera resistencia R1. Esta última función es opcional en el dispositivo de la invención. Resulta interesante en el caso de que el condensador de bus Cb tenga una alta capacidad.

Cuando la tensión V medida en los bornes del transistor T1 vuelve a tomar un valor nulo, esto significa que la activación ha finalizado. En efecto, si la tensión V medida en los bornes del transistor T1 es nula, esto significa que ha dejado de pasar corriente por la primera resistencia R1 o por la segunda resistencia R2 y, por lo tanto, que el condensador de bus Cb está completamente cargado. Ahora los medios de control pueden activar el cierre del transistor T1, cortando su alimentación, y activar la abertura de T2, si se ha utilizado la función de «carga rápida del condensador de bus».

- Sobretensión de la red

Cuando se produce una sobretensión en la red de alimentación eléctrica, aparece una fuerte entrada de corriente en el condensador de bus Cb. Por consiguiente, la corriente que circula a través del transistor T1 aumenta rápidamente hasta que el transistor T1 se vuelve limitante. La resistencia del transistor T1 aumenta con el fin de limitar la corriente, lo que provoca un aumento de la tensión V medida en los bornes del transistor T1. Si la tensión V en los bornes del transistor T1 excede un segundo valor umbral S2 memorizado, por ejemplo fijado en 3 voltios, entonces los medios de control aplican una tensión de control sobre el transistor T1 con el fin de activar su apertura. En esta situación, la corriente circula a través de la primera resistencia R1 que sufre entonces los efectos de la sobretensión. Una vez finalizada la sobretensión, la tensión medida en los bornes del transistor T1 vuelve a encontrarse por debajo del segundo valor umbral S2 y, a continuación, los medios de control activan el cierre del transistor T1 cortando su alimentación. Es posible reducir la corriente de limitación máxima reduciendo el segundo valor umbral S2. En este caso, la apertura del transistor T1 se activa antes de que se vuelva limitante, siendo la tensión en sus bornes proporcional al producto de su resistencia en el estado conductor y la corriente que lo atraviesa.

- 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. Con el fin de proteger los componentes del variador, el transistor T1 se vuelve limitante, lo que provoca el aumento de la tensión V medida en los bornes del transistor T1. Cuando la tensión V en los bornes del transistor T1 supera el segundo valor umbral S2 definido anteriormente, por ejemplo de 3 voltios, los medios de control activan la apertura del transistor T1. La corriente pasa entonces a través de la primera resistencia R1. Si existe una carga eléctrica 2 en el inversor, toda la corriente necesaria para alimentar la carga 2 y para recargar el condensador de bus Cb pasa a través de la primera resistencia R1, lo que provoca un calentamiento gradual de la primera resistencia R1. Si la tensión V medida en los bornes del transistor T1 sigue siendo mayor que el segundo valor umbral S2 por lo menos durante una duración t predeterminada memorizada, por ejemplo de 2-3 milisegundos, los medios de control 140 activan el cierre del transistor T2 con el fin de acelerar la carga del condensador de bus Cb haciendo pasar la corriente a través de la segunda resistencia R2. De este modo, si la tensión V en los bornes del transistor T1 sigue siendo mayor que el segundo valor umbral S2 durante cierto tiempo, esto significa que el variador no está soportando una sobretensión temporal convencional, sino un retorno a la normalidad después de una subtensión. Cuando la tensión V medida en los bornes del transistor T1 vuelve a encontrarse por debajo del segundo valor umbral S2, los medios de control 140 activan el cierre del transistor T1.

La anterior descripción de las diferentes secuencias de control se refiere a un dispositivo de protección dotado de un transistor T1 normalmente cerrado. Sin embargo, debe entenderse de la misma manera en el caso de utilizar un transistor T1 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 el transistor T1 normalmente abierto.

5 Según la invención, este dispositivo resulta adecuado cuando el variador 1 no incluye un filtro de inductancia (inductor o DC choke) en el bus de potencia y cuando el condensador de bus presenta un alto valor de capacidad (por ejemplo, más del 80  $\mu$ F por kW).

10 Sin embargo, esta solución solo tiene el inconveniente de que origina una gran variación en la intensidad (di/dt elevada) en el módulo rectificador 12 cuando se activa la apertura del transistor T1 durante una sobretensión. Las inductancias de entrada o la inductancia de la línea (no mostradas en la figura 1) del variador 1 sufren entonces una sobretensión transitoria fuerte, que puede causar la rotura del puente de diodos del módulo rectificador 12.

15 Con el fin de disipar la energía así producida, es posible utilizar la función de avalancha del transistor T1. El transistor T1 se vuelve automáticamente conductor si la tensión V en sus bornes supera su umbral de avalancha. Si la tensión en los bornes del condensador de bus llega a 700 voltios, y dado que los diodos del módulo rectificador están concebidos para soportar una tensión de 1.600 voltios, el transistor T1 debe estar dimensionado, por ejemplo, con un umbral de avalancha fijado en 800 voltios. Sin embargo, el transistor T1 también debe estar dimensionado de modo que sea capaz de absorber una gran cantidad de energía proveniente de la red A.

20 De forma alternativa, con el fin de disipar la energía producida, es posible, preferentemente, añadir en paralelo con el condensador de desacoplamiento Cd 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.

25

REIVINDICACIONES

1. Variador de velocidad 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),
- el variador (1) comprende 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:** el dispositivo de protección (14) comprende:
- un primer interruptor electrónico (T1) situado sobre el bus de potencia en serie entre el módulo rectificador (12) y el condensador de bus (Cb),
- 20 - una primera resistencia (R1) montada en paralelo con el primer interruptor electrónico,
- un conjunto que comprende un segundo interruptor electrónico (T2) y una segunda resistencia (R2) montados en serie, estando dicho conjunto montado en paralelo con el primer interruptor electrónico y la primera resistencia (R1),
- 25 - medios de control (140) del primer interruptor electrónico (T1) y del segundo interruptor electrónico (T2).
2. Variador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dispositivo de protección (14) está montado sobre la línea positiva (10) del bus de potencia.
3. Variador según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el primer interruptor electrónico es un transistor (T1) de tipo JFET.
- 35 4. Variador según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el transistor JFET (T1) está hecho de carburo de silicio.
5. Variador según la reivindicación 3 o 4, **caracterizado porque** el transistor JFET (T1) es de tipo normalmente cerrado.
- 40 6. Variador según una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** los medios de control (140) del transistor JFET (T1) están conectados entre la línea positiva (10) y la línea negativa (11) del bus de potencia.
7. Variador según la reivindicación 6, **caracterizado porque** los medios de control (140) comprenden un circuito de bomba de carga capaz de aplicar una tensión de control al transistor JFET.
- 45 8. Variador según una de las reivindicaciones 3 a 7, **caracterizado porque** el segundo interruptor electrónico es de tipo normalmente abierto.
- 50 9. Variador según la reivindicación 8, **caracterizado porque** los medios de control del segundo interruptor electrónico comprenden un circuito de bomba de carga capaz de aplicar una tensión de control al segundo interruptor electrónico (T2).
10. Variador según una de las reivindicaciones 3 a 9, **caracterizado porque** los medios de control (140) comprenden medios de almacenamiento que memorizan un valor umbral (S2) 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 transistor JFET (T1)
- 55 11. Variador según la reivindicación 10, **caracterizado porque** los medios de almacenamiento memorizan una duración predeterminada después de la cual, si la tensión (V) medida en los bornes del transistor JFET (T1) es mayor que el valor umbral (S2), se ordena el cierre del segundo interruptor electrónico (T2).
- 60 12. Variador según una de las reivindicaciones 3 a 11, **caracterizado porque** los medios de control (140)

comprenden medios de almacenamiento que memorizan un valor umbral (S1) de la tensión medida entre la línea positiva (10) y la línea negativa (11) del bus de potencia, por encima del cual se ordena el cierre del segundo interruptor electrónico (T2).

- 5 13. Variador según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** comprende además un dispositivo para proteger el módulo rectificador (12) contra las sobretensiones.
- 10 14. Variador según la reivindicación 13, **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.
- 15 15. Variador según la reivindicación 13, **caracterizado porque** el dispositivo para proteger el módulo rectificador 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.

