

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 472**

51 Int. Cl.:

H02M 3/335 (2006.01)

H02M 1/32 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2011 E 11168742 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.09.2014 EP 2393196**

54 Título: **Método de conmutación entre el modo de refuerzo y el modo de reacción para un convertidor CC-CC, y un convertidor CC-CC**

30 Prioridad:

03.06.2010 IT TO20100465

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

09.12.2014

73 Titular/es:

**ALENIA AERMACCHI S.P.A. (100.0%)
Via Ing. Paolo Foresio 1
21040 Venegono Superiore (VA), IT**

72 Inventor/es:

**ANASTASIO, VINCENZO;
DI DONNA, LAURA;
MARINO, POMPEO;
CAVALLO, ALBERTO;
GUIDA, BENIAMINO y
RUBINO, LUIGI**

74 Agente/Representante:

TORO GORDILLO, Francisco Javier

ES 2 524 472 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

Método de conmutación entre el modo de refuerzo y el modo de reacción para un convertidor CC-CC, y un convertidor CC-CC

5 La presente invención se refiere a un método de conmutación entre el modo de refuerzo (modo de funcionamiento de elevación del voltaje) y el modo de reacción (modo de funcionamiento de reducción del voltaje) y a la inversa para un convertidor CC-CC, y un convertidor CC-CC que implementa este método, en particular un convertidor CC-CC bidireccional.

10 Como es conocido, un convertidor CC-CC bidireccional realiza básicamente dos operaciones: elevación del voltaje entre un bus de entrada, en donde hay una fuente de CC de bajo voltaje (28 V por ejemplo), y un bus de salida, en donde se requiere un voltaje en CC más alto que el que está presente en el lado de entrada (270 V por ejemplo); y reducción del voltaje entre un bus entrada, en donde hay una fuente de CC de alto voltaje y un bus de salida, en donde se requiere un voltaje de CC más bajo que el presente en el lado de entrada.

15 Los convertidores CC-CC se usan, por ejemplo, en el modo de reacción cuando el voltaje en el bus de alto voltaje tiene un valor satisfactorio para una aplicación pretendida (por ejemplo, con referencia a una cierta norma) o para dispositivos y equipos que funcionan alimentados por medio del bus de alto voltaje y una batería a ser recargada en el bus de bajo voltaje. El voltaje tomado desde el bus de alto voltaje se reduce en consecuencia a un nivel aceptable para el bus de bajo voltaje y se aplica a la entrada del bus de bajo voltaje. Como alternativa o adicionalmente a lo mencionado, el convertidor CC-CC se puede usar para alimentar dispositivos genéricos conectados al bus de bajo voltaje.

20 El convertidor CC-CC se controla en el modo de refuerzo cuando el voltaje en el bus de alto voltaje tiene un valor inaceptable para una aplicación pretendida (por ejemplo, con referencia a una cierta norma) o para el funcionamiento de dispositivos y equipos alimentados por medio del bus de alto voltaje. En este caso, se toma la energía acumulada en la batería durante la operación en el modo de reacción, el voltaje se eleva y se suministra en una entrada al bus de alto voltaje, para restablecer el nivel de voltaje requerido en el bus de alto voltaje. El flujo de energía entre el bus de bajo voltaje y el bus de alto voltaje continúa hasta que se elimina la causa de la caída de voltaje en el bus de alto voltaje o hasta que la batería se agota. En este último caso, el sistema que comprende el bus de bajo voltaje, el convertidor CC-CC y el bus de alto voltaje se declara normalmente que tienen un defecto, debido a que no se están respetando los valores de voltaje requeridos para su funcionamiento.

25 Históricamente, los convertidores usados en el campo de la aeronáutica son unidireccionales, lo que implica el uso de dos convertidores para realizar un convertidor bidireccional (con modos de funcionamiento de elevación y reducción del voltaje). Algunos fabricantes proponen compartir parte de los elementos comunes a los dos convertidores (tales como los elementos magnéticos, por ejemplo), mezclando de ese modo los dos en uno. Esto se puede conseguir fácilmente con algunos tipos de topologías intrínsecamente bidireccionales. Sin embargo, estas topologías no están bien adaptadas para ser usadas con potencias de funcionamiento elevadas; se hace necesario en consecuencia usar circuitos más complejos, tanto desde el punto de vista del hardware como del software de control.

30 La transición desde el modo de reacción al modo de refuerzo no tienen lugar automáticamente, o es automática pero de una forma no transparente, en el sentido de que el convertidor CC-CC se declara fuera de servicio durante el tiempo necesario para el paso entre los dos modos de funcionamiento (es necesaria una electrónica de control, externa al convertidor, para el manejo de la transición). De modo similar, la transición del modo de refuerzo al modo de reacción no se realiza automáticamente tampoco, o es automática pero de una forma no transparente.

35 El documento US 6344985 se refiere en general al campo de los dispositivos de conversión de potencia bidireccionales, en particular a un dispositivo de conversión de potencia CC-CA o CC-CC bidireccional.

El documento US 6191964 describe un rectificador para su uso en un sistema de potencia que tenga un tren de potencia, teniendo el rectificador una entrada y una salida, y método para el control del rectificador.

40 El objetivo de la presente invención es proporcionar un método de conmutación entre el modo de refuerzo (modo de funcionamiento de elevación del voltaje) y el modo de reacción (modo de funcionamiento de reducción del voltaje) para un convertidor CC-CC, y un convertidor CC-CC que implemente este método, desprovisto de los problemas de la técnica conocida.

45 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de conmutación entre el modo de refuerzo (modo de funcionamiento de elevación del voltaje) y el modo de reacción (modo de funcionamiento de reducción del voltaje) para un convertidor CC-CC, y un convertidor CC-CC que implemente este método, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

50 Para una mejor comprensión de la presente invención, se describirá ahora una realización preferida, puramente a

modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 muestra una red eléctrica que comprende un convertidor CC-CC;
- la Figura 2 muestra un convertidor CC-CC bidireccional utilizable en la red eléctrica de la Figura 1;
- 5 - la Figura 3 muestra el diagrama del circuito de un circuito de conversión CC-CC que pertenece al conversor CC-CC bidireccional de la Figura 2;
- las Figuras 4a-4d muestran los trazados de las señales de control del circuito de conversión de la Figura 3 funcionando en el modo de refuerzo con un ciclo de trabajo mayor del 50 %;
- las Figuras 5a-5d muestran los trazados de las señales de control del circuito de conversión de la Figura 3
- 10 - funcionando en el modo de refuerzo con un ciclo de trabajo menor del 50 %;
- las Figuras 6a-6d muestran los trazados de las señales de control del circuito de conversión de la Figura 3 funcionando en el modo de reacción con un ciclo de trabajo mayor del 50 %;
- la Figura 7 muestra, por medio de un diagrama de bloques, una lógica de control y accionamiento del circuito de conversión de la Figura 3;
- 15 - la Figura 8 muestra, por medio de un diagrama de estado, un método de control del convertidor CC-CC bidireccional de la Figura 2;
- la Figura 9 muestra un circuito equivalente para el convertidor CC-CC bidireccional de la Figura 2;
- la Figura 10 muestra, por medio de un diagrama de estado, un método de conmutación entre el modo de refuerzo (modo de funcionamiento de elevación del voltaje) y el modo de reacción (modo de funcionamiento de
- 20 - reducción del voltaje) del convertidor CC-CC bidireccional de la Figura 2;
- la Figura 11 es una representación más detallada del diagrama de estado de la Figura 10;
- la Figura 12 es una representación de bloques del controlador de histéresis usado, de acuerdo con el método de la Figura 10, para variar el ciclo de trabajo que controla el convertidor CC-CC bidireccional de la Figura 2 durante el funcionamiento de este último en el modo de reducción; y
- 25 - la Figura 13 es una representación de bloques del controlador de histéresis usado, de acuerdo con el método de la Figura 10, para variar el ciclo de trabajo que controla el convertidor CC-CC bidireccional de la Figura 2 durante el funcionamiento de este último en el modo de elevación.

30 La presente invención se refiere a un método de control para la conmutación entre el modo de reacción y el modo de refuerzo para un convertidor CC-CC bidireccional en una forma automática y transparente para el usuario. Más en detalle, el manejo de la transición entre el modo de reacción y el modo de refuerzo se basa en el análisis de la Calidad de Potencia (PQ) en el bus de alto voltaje. En particular, la norma de referencia para aplicaciones aeronáuticas es la ML-STD-704F. El paso del modo de reacción al modo de refuerzo se maneja de una forma innovadora, debido a que en modo de reacción el convertidor CC-CC en sí se considera que es una carga

35 conectada al bus de alto voltaje y por lo tanto, si después de haber salido del modo de reacción la Calidad de Potencia es adecuada con respecto a un valor de referencia, se permite la transferencia de una pequeña cantidad de energía, que es sostenible por lo tanto para el sistema en su conjunto, desde del bus de alto voltaje hacia el bus de bajo voltaje.

40 El paso del modo de refuerzo al modo de reacción se maneja también en una forma innovadora, dado que el evento que activa la transición se correlaciona con el análisis realizado sobre la condición de carga del bus de alto voltaje lo que no requiere el uso de información suplementaria sobre dispositivos conectados al bus de alto voltaje, que por lo tanto pueden ser de cualquier tipo.

45 De acuerdo con una realización de la presente invención, se describe un método y un circuito para el control y supervisión de un convertidor bidireccional de alta potencia o de una pluralidad de convertidores bidireccionales de alta potencia del tipo entrelazado. Se hace referencia a convertidores del tipo refuerzo en puente completo en particular. A diferencia de lo que se conoce, el control de los convertidores del tipo descrito requiere en lo sucesivo la implementación de hardware y/o software y/o protecciones lógicas para asegurar, para cada estado de

50 funcionamiento del convertidor, su paso a otro estado de funcionamiento seguro en caso de anomalías o cambios en la red a la que está conectado. Si la anomalía encontrada es que no se respetan los requisitos de voltaje de red establecidos por la norma, el estado final puede ser el de otro modo de funcionamiento (elevación o reducción); la anomalía se considera una falta si se carece de los requisitos para conmutación al otro modo del convertidor.

55 La Figura 1 muestra una red eléctrica 3 que comprende un bus de alto voltaje 4 que alimenta una pluralidad de dispositivos. Por ejemplo, el bus de alto voltaje 4 suministra alimentación a un actuador electromecánico 5, que absorbe una potencia nominal de 2 kW, y una carga resistiva genérica 7, que absorbe una potencia nominal de 75 kW. La red eléctrica 3 comprende adicionalmente un bus de bajo voltaje 2, al que se conecta una batería 11. El bus de bajo voltaje 2 se conecta al bus de alto voltaje 4 por medio de un convertidor CC-CC bidireccional 100. El bus de

60 alto voltaje 4 funciona en un voltaje, por ejemplo 270 V, mientras que el bus de bajo voltaje 2 funciona a un voltaje más bajo, por ejemplo 28 V. El bus de alto voltaje 4 puede, por ejemplo, conectarse a la salida de un rectificador autotransformador (no mostrado) que suministra alimentación al bus de alto voltaje 4; el rectificador autotransformador está alimentado, a su vez, mediante uno o más generadores (no mostrados). El bus de bajo voltaje 2 y el bus de alto voltaje 4 pueden comprender indistintamente elementos activos y/o pasivos.

65

Cuando se enciende la red eléctrica 3, el convertidor CC-CC bidireccional 100 se configura para funcionar en el modo de reacción y se establece a sí mismo en ese modo después de la etapa de arranque del tipo conocido.

5 La Figura 2 muestra un dispositivo de conversión CC-CC 1 conectado eléctricamente entre el bus de alto voltaje 4 y el bus de bajo voltaje 2 y, a través de este último, a la batería 11.

10 El dispositivo de conversión CC-CC 1 se conecta al bus de bajo voltaje 2 por medio de una primera interfaz de potencia 6 y se conecta al bus de alto voltaje 4 por medio de una segunda interfaz de potencia 8. La primera interfaz de potencia 6 y la segunda interfaz de potencia 8 se hacen de una forma similar a la otra y son simétricas con respecto al dispositivo de conversión CC-CC 1. El dispositivo de conversión CC-CC 1, junto con la primera interfaz de potencia 6 y la segunda interfaz de potencia 8, forman un convertidor bidireccional 100.

15 La primera interfaz de potencia 6 comprende una primera rama eléctrica 10 que conecta directamente el bus de bajo voltaje 2 al dispositivo de conversión CC-CC 1 y una segunda rama eléctrica 12 que conecta el bus de bajo voltaje 2 al dispositivo de conversión CC-CC 1 por medio de un primer interruptor 14. El primer interruptor 14 se conecta a un primer nodo 14' conectado directamente a la segunda rama eléctrica 12 y a un segundo nodo 14'' que idealmente coincide con el primer nodo 14' cuando se cierra el primer interruptor 14. Cuando está abierto el primer interruptor 14, la primera interfaz de potencia 6 no está alimentada directamente por, o no alimenta a, el bus de voltaje 2; viceversa, cuando el primer interruptor 14 está cerrado, la primera interfaz de potencia 6 está directamente alimentada por, o alimenta a, el bus de bajo voltaje 2.

20 La primera interfaz de potencia 6 comprende adicionalmente una primera resistencia 16 y un segundo interruptor 18, dispuestos en serie entre sí y que conectan la primera rama eléctrica 10 a la segunda rama eléctrica 12. La primera interfaz de potencia 6 comprende adicionalmente una segunda resistencia 20 y un primer condensador 22, dispuestos en serie entre sí y que conectan la primera rama eléctrica 10 a la segunda rama eléctrica 12. En particular, el primer condensador 22 se conecta directamente a la primera rama eléctrica 10 y se conecta a la segunda rama eléctrica 12 a través de la segunda resistencia 20. De esta forma, la serie constituida por la primera resistencia 16 y el segundo interruptor 18 se conecta en paralelo a la serie constituida por la segunda resistencia 20 y el primer condensador 22. El primer condensador 22 se conecta también en paralelo a un tercer interruptor 24 capaz de crear, cuando se cierra, un cortocircuito que deriva la segunda resistencia 20. La apertura y cierre del tercer interruptor 24 se controla directamente por el dispositivo de conversión CC-CC 1, a través de la conexión de control 25, en base a si es necesario, durante el uso, cargar el primer condensador 22. Además, se conecta un detector de voltaje 26, del tipo aislado, entre la primera rama eléctrica 10 y la segunda rama eléctrica 12, configurado para detectar la presencia de voltaje entre la primera rama eléctrica 10 y el segundo nodo 14'' del primer interruptor 14 y proporciona al dispositivo de conversión CC-CC 1 el valor detectado (este valor se indica en la figura por la referencia M_L).

35 La segunda interfaz de potencia 8 es, como se ha mencionado, simétrica de la primera interfaz de potencia 6 con respecto al dispositivo de conversión CC-CC 1. La segunda interfaz de potencia 8 comprende por lo tanto una tercera rama eléctrica 30 que conecta directamente el bus de alto voltaje 4 al dispositivo de conversión CC-CC 1 y una cuarta rama eléctrica 32 que conecta el bus de alto voltaje 4 al dispositivo de conversión CC-CC 1 por medio de un cuarto interruptor 34, cuya apertura y cierre se controla por el dispositivo de conversión CC-CC 1 a través de una conexión de control 35. El cuarto interruptor 34 se conecta entre un tercer nodo 34' directamente conectado a la cuarta rama eléctrica 32 y un cuarto nodo 34'' que idealmente coincide con el tercer nodo 34' cuando el cuarto interruptor 34 se cierra. Cuando el cuarto interruptor 34 se abre, la segunda interfaz de potencia 8 no alimenta a, o no está directamente alimentada por, el bus de alto voltaje 4; a la inversa, cuando el cuarto interruptor 34 está cerrado, la segunda interfaz de potencia 8 alimenta a, o está directamente alimentada por, el bus de alto voltaje 4. La segunda interfaz de potencia 8 comprende adicionalmente una tercera resistencia 36 y un quinto interruptor 38, dispuestos en serie entre sí y que conectan la tercera rama eléctrica 30 al cuarto nodo 34''. La resistencia 36, como la resistencia 16, tiene la función de asegurar la presencia de una carga en el dispositivo de conversión CC-CC 1 incluso en el caso de una desconexión súbita del bus de alto voltaje 4.

40 Se conecta un inductor 90 en serie con el cuarto interruptor 34, conectado al cuarto nodo 34''. El inductor 90 se conecta entre el cuarto nodo 34'' y un quinto nodo 90'.

55 La segunda interfaz de potencia 8 comprende adicionalmente una cuarta resistencia 40 y un segundo condensador 42, dispuestos en serie entre sí. La serie constituida por la tercera resistencia 36 y el quinto interruptor 38 y la serie constituida por la cuarta resistencia 40 y el segundo condensador 42 se conectan entre la tercera rama eléctrica 30 y, respectivamente, el cuarto nodo 34'' y el quinto nodo 90'. La cuarta resistencia 40 se conecta también en paralelo a un sexto interruptor 44 capaz de crear, cuando se cierra, un cortocircuito que deriva la cuarta resistencia 40. La apertura y cierre del sexto interruptor 44 se controla directamente por el dispositivo de conversión CC-CC 1, a través de una conexión de control 45, en base a si es necesario o no cargar el segundo condensador 42.

60

Además, se conecta un detector de voltaje 46 en paralelo a la serie de la cuarta resistencia 40 y el segundo condensador 42, y se configura para detectar el voltaje entre la tercera rama eléctrica 30 y la cuarta rama eléctrica 32 y proporcionar al dispositivo de conversión CC-CC 1 este valor detectado (valor indicado en la figura por la referencia M_H).

5 Finalmente, por medio de un transductor de corriente 47 conectado al quinto nodo 90', el dispositivo de conversión CC-CC 1 conoce la corriente I_H que fluye desde y al dispositivo de conversión CC-CC 1.

10 La Figura 3 muestra una representación del circuito de una parte del dispositivo de conversión CC-CC 1. Por simplicidad de representación, la Figura 3 no muestra los bloques de control lógico, de tipo conocido, del dispositivo de conversión CC-CC 1, adecuado para el control de la conmutación en conducción y corte de los transistores del dispositivo de conversión CC-CC 1 y los interruptores de la primera interfaz de potencia 6 y la segunda interfaz de potencia 8 para el funcionamiento en los modos de funcionamiento de refuerzo y reacción. El dispositivo de conversión CC-CC 1 de la Figura 3 comprende un convertidor en puente completo de refuerzo 55.

15 La entrada del convertidor de refuerzo en puente completo 55 en el lado del bus de voltaje 2 comprende un transductor de corriente 57. En esta forma, el dispositivo de conversión CC-CC 1 conoce la corriente I_L que fluye en el nodo 14". El convertidor de refuerzo en puente completo 55 aislado comprende adicionalmente, conectado en serie al transductor de corriente 57 en la segunda rama eléctrica 12, un inductor 60 que tiene un primer terminal 60a conectado al segundo nodo 14" y un segundo terminal 60b que conecta el segundo nodo 14" con una rama que comprende un transistor 68 y otro transistor 70 conectados en serie entre sí entre el segundo terminal 60b y la primera rama eléctrica 10. El inductor 60 se usa en el modo de refuerzo para realizar un primer incremento en el voltaje en el segundo terminal 60b del inductor 60; a la inversa, en el modo de reacción, el inductor 60 junto con el primer condensador 22 funciona como un filtro LC de tal manera que elimina los armónicos de la conmutación.

20 Cada transistor 68 y 70 está equipado, durante el uso, con un diodo interno respectivo, indicado respectivamente en la Figura como diodo 69 y diodo 71, conectados en antiparalelo al transistor 68 y al transistor 70 respectivamente. Finalmente, hay una rama que comprende un transistor 74 y otro transistor 76, en paralelo a la rama que comprende los transistores 68 y 70. El transistor 74 y el transistor 76 se conectan en serie entre sí y conectan la primera rama eléctrica 10 a la segunda rama eléctrica 12. Durante el uso, están equipados con un diodo interno respectivo, indicado respectivamente en la Figura como diodo 75 y diodo 77, conectados entre los terminales de conducción del transistor 74 y del transistor 76, respectivamente.

25 El inductor 60 y las ramas que comprenden el transistor 68, el transistor 70, el transistor 74 y el transistor 76 se conectan a un devanado 80a de un transformador 80. En particular, el devanado 80a comprende un primer terminal 80a' conectado entre el transistor 68 y el transistor 70 y un segundo terminal 80a" conectado entre el transistor 74 y el transistor 76.

30 Cada uno del transistor 62, transistor 64, transistor 68, transistor 70, transistor 74 y transistor 76 es un transistor MOSFET de potencia y tiene su propio terminal de control (terminal de puerta), con la conducción y corte controladas por una señal apropiada.

35 El convertidor en puente completo 55 aislado comprende adicionalmente un transistor 92 y otro transistor 93, dispuestos en serie entre sí y conectados entre la tercera rama eléctrica 30 y la cuarta rama eléctrica 32, y equipados respectivamente, durante su uso, con el diodo 94 y el diodo 95 (mostrados conectados a los terminales de conducción del transistor 92 y transistor 93, respectivamente); y un transistor 96 y otro transistor 97 dispuestos en serie entre sí y conectados entre la tercera rama eléctrica 30 y la cuarta rama eléctrica 32, y equipados respectivamente, durante el uso, con el diodo 98 y el diodo 99 (mostrados conectados a los terminales de conducción del transistor 92 y del transistor 93 respectivamente).

40 Las ramas que comprenden el transistor 92, el transistor 93, el transistor 96 y el transistor 97 se conectan al devanado 80b del transformador 80. En particular, el devanado 80b comprende un primer terminal 80b' conectado entre el transistor 96 y el transistor 97 y un segundo terminal 80b" conectado entre el transistor 92 y el transistor 93.

45 Cada uno del transistor 92, transistor 93, transistor 96 y transistor 97 es un transistor del tipo IGBT y tiene su propio terminal de control con la conducción y corte controladas por una señal apropiada.

50 El dispositivo de conversión CC-CC 1 de la Figura 2 puede comprender solamente uno o una pluralidad de convertidores en puente completo de refuerzo 55 aislados del tipo mostrado en la Figura 3. En este último caso, cada convertidor en puente completo 55 aislado se conecta a los otros convertidores en puente completo 55 aislados en modo PIPO (Entrada Paralelo, Salida Paralelo), formando un dispositivo de conversión CC-CC 1 de alta potencia. Por ejemplo, en caso de que se usen cuatro convertidores en puente completo de refuerzo 55 aislados, si cada convertidor en puente completo de refuerzo 55 aislado se configura para manejar una potencia de, digamos, 3 kW, la potencia total manejada por el dispositivo de conversión CC-CC 1 será de 12 kW. Al compartir una misma entrada y una misma salida, cada convertidor en puente completo 55 aislado trabaja con una fracción de la potencia total.

El convertidor 100 bidireccional puede encontrar aplicación tanto como convertidor de refuerzo como convertidor de reacción, y se puede controlar en cualquiera de los modos de funcionamiento.

5 El método descrito de acuerdo con la presente invención se puede implementar para controlar un convertidor del tipo descrito con referencia a las Figuras 2 y 3, o para controlar cualquier convertidor CC-CC siempre que posea los siguientes requisitos: debe ser posible fijar a cero el flujo de potencia cuando se requiera; el convertidor debe ser del tipo aislado, por ejemplo proporcionando un transformador de acoplamiento (por ejemplo, acoplamiento magnético), para permitir la coexistencia de una pluralidad de orígenes de voltaje sobre el mismo bus de bajo o alto voltaje 2 y 4; y debe ser posible fijar la dirección de la corriente y por lo tanto la dirección del flujo de potencia.

10 La característica del aislamiento es importante debido a la alta relación de elevación/reducción de voltaje. El elemento de acoplamiento magnético (inductor de refuerzo) permite el control de la corriente de las celdas individuales del convertidor y por lo tanto el funcionamiento simultáneo de una pluralidad de celdas sobre el mismo bus.

15 Los tiempos de control de los transistores del convertidor 100 bidireccional (con referencia a los diagramas de circuito de las Figuras 2 y 3) que operan en el modo de elevación del voltaje se describirán ahora a modo de ejemplo, con referencia a las Figuras 4a-4d y 5a-5d.

20 Las Figuras 4a-4d muestran las señales de control del transistor 68 (señal LVAH), transistor 70 (señal LVAL), transistor 74 (señal LVBH) y transistor 76 (señal LVBL) con un ciclo de trabajo mayor del 50 %.

25 Si el ciclo de trabajo de estas señales es mayor del 50 %, en cada periodo $T_{PERIODO}$ hay uno o más intervalos de tiempo, indicados por el número de referencia 113, en los que el transistor 68, transistor 70, 74 y transistor 76 están simultáneamente en conducción y cargan el inductor 60.

Las Figuras 5a-5d muestran las señales de control del transistor 68 (señal LVAH), transistor 70 (señal LVAL), transistor 74 (señal LVBH) y transistor 76 (señal LVBL) con un ciclo de trabajo menor del 50 %.

30 Si el ciclo de trabajo de las señales LVAH y LVBH es menor del 50 %, es posible controlar alternativamente la conducción y corte de los transistores 68, 70, 74 y 76 de modo que las condiciones en las que ambos transistores 68 y 70 o ambos transistores 74 y 76 conduzcan corriente eléctrica nunca surjan. La importancia de ser capaces de trabajar con ciclos de trabajo por debajo del 50 % está enlazada con el hecho de que en esta forma es posible trabajar en un "estado cero", es decir es posible fijar el flujo de potencia en cero. Con referencia a las Figuras 5a-5d, el flujo de potencia cero se obtiene cuando tanto la señal de la Figura 5a como la señal de la Figura 5b son nulas durante la duración completa del periodo (lo que corresponde al ciclo de trabajo cero). Esta característica es útil para conseguir el corte del dispositivo de conversión CC-CC 1 sin tener que realizar una desconexión eléctrica del bus de bajo voltaje 2.

40 Teniendo en cuenta que podría haber uno o más generadores de voltaje (no mostrados) en el bus de alto voltaje 4, es necesario que el dispositivo de conversión CC-CC 1, cuando funciona en el modo de elevación, garantice la unidireccionalidad de la corriente desde el bus de bajo voltaje 2 al bus de alto voltaje 4 de una manera topológica. Este objetivo se consigue mediante el control del corte del transistor 92, transistor 93, transistor 96 y transistor 97 conectados al bus de alto voltaje 4. En esta forma los diodos (indicados en las figuras como diodo 94, diodo 95, diodo 98 y diodo 99) en el interior de los IGBT (respectivamente transistor 92, transistor 93, transistor 96 y transistor 97) se aprovechan para rectificar el voltaje de salida desde el transformador 80 (es decir en la salida en el lado del devanado 80b) suministrado al bus de alto voltaje 4.

50 Con referencia a las señales en las Figuras 4a-4d (ciclo de trabajo mayor del 50 %) y las Figuras 5a-5d (ciclo de trabajo menor del 50 %), el transistor 96, el transistor 68, el transistor 76, transistor 92, el transistor 74, el transistor 70, el transistor 97 y el transistor 93 son controlados por las señales respectivas HVAH, LVAH, LVBL, HVBH, LVBH, LVAL, HVAL y HVBL.

55 Las Figuras 6a-6d muestran, a modo de ejemplo, los tiempos de control de los transistores del convertidor bidireccional 100 (con referencia a los diagramas de circuito de las Figuras 2 y 3), funcionando en el modo de reducción del voltaje (o modo de reacción).

En el modo de reducción, los transistores 68, 70, 74 y 76 son controlados de modo que hagan que el puente formado por estos transistores funcione como un rectificador síncrono, aprovechando de esta forma la bidireccionalidad de corriente de los dispositivos MOSFET e incrementando en consecuencia la eficiencia. El inductor 60 y el primer condensador 22 (que tiene la función de un condensador de salida en el modo de reducción) forman un filtro LC, limitando de esta forma el pico de corriente máxima aguas arriba y aguas abajo del transformador 80. De hecho, aparte de la relación del transformador, el transformador tiene unas formas de onda de voltaje y de corriente idénticas tanto en la entrada como en la salida. El filtro LC es también útil o filtra el voltaje de salida y en consecuencia consigue un trazado del voltaje casi constante (excepto por el pequeño rizado). Con este fin, el transistor 96, el transistor 68, el transistor 76, el transistor 92, el transistor 74, el transistor 70, el transistor 97 y el transistor 93 son controlados por las señales respectivas HVAH, LVAH, LVBL, HVBH, LVBH, LVAL, HVAL y HVBL, tal como se muestra en las Figuras 6a-6d.

Se puede deducir a partir de las Figuras 6a-6d que el método de control para los transistores de la primera interfaz de potencia 6 y de la segunda interfaz de potencia 8 en el modo de reacción es el mismo que el método de control para los transistores de la primera interfaz de potencia 6 y la segunda interfaz de potencia 8 en las Figuras 5a-5d. En particular, el ciclo de trabajo de las señales LVAH y LVBH, que controlan la conducción y corte del transistor 68 y del transistor 70b, respectivamente, es menor del 50 %.

La Figura 7 muestra, por medio de un diagrama de bloques, la lógica de control y accionamiento 121 del dispositivo de conversión CC-CC 1.

La lógica de control y accionamiento 121 comprende una interfaz de acondicionamiento 122 de la señal analógica, configurada para recibir corrientes I_L , I_H (de los transductores de corriente 57 y 47) y valores de voltaje M_L , M_H (de los detectores de voltaje 26 y 46); un procesador de señal digital (DSP) 124, conectado a la interfaz analógica 122 (esta última equipada con uno o más convertidores A/D para la conversión de analógico a digital de las magnitudes analógicas I_L , I_H , M_L y M_H , para procesamiento posterior); y un generador de señal de control 126, por ejemplo una FPGA (Matriz de Puertas Programable en Campo). La interfaz analógica 122 se configura para recibir señales analógicas como entrada (en particular, las corrientes I_L e I_H y los valores de voltaje M_T y M_H) y generar las señales de salida digitales respectivas I_{LD} , I_{HD} , M_{LD} y M_{HD} , correlacionadas con las señales analógicas de entrada recibidas, y que tienen un formato de modo que se puedan interpretar correctamente por el procesador de señal digital 124. El procesador digital 124 recibe como entrada las señales digitales I_{LD} , I_{HD} , M_{LD} y M_{HD} y controla el generador de la señal de control 126 de modo que este último genere como salida las señales de accionamiento LVAH, LVAL, LVBH, LVBL, HVAH, HVAL, HVBH y HVBL de los transistores que pertenecen al dispositivo de conversión CC-CC 1 de la Figura 3, así como las señales de control de los interruptores 14, 18 y 24 que pertenecen a la primera interfaz de potencia 6 y los interruptores 34, 38 y 44 de la segunda interfaz de potencia 8 de la Figura 2. Desde el punto de vista del hardware, la interfaz analógica 122, el procesador de señal digital 124 y el generador de la señal de control 126 son de tipo conocido y son ampliamente usados en los convertidores CC-CC de reacción/refuerzo conocidos. De acuerdo con la presente invención, la interfaz analógica 122, el procesador de señal digital 124 y el generador de la señal de control 126 implementan un método de control para el convertidor bidireccional 100 tanto en el modo de reacción como en el modo de refuerzo, y de paso entre los dos modos, del tipo mostrado en las Figuras 10 y 11 y descrito con referencia a estas figuras.

La Figura 8 muestra, por medio de un diagrama de estado, la operación del convertidor CC-CC 100 bidireccional a continuación de la etapa de arranque, de acuerdo con la presente invención.

En detalle, en el arranque, el convertidor CC-CC bidireccional 100 se lleva el estado S0 y trabaja en el modo de reacción. En el estado S0, se inicializa un contador de tiempo t_1 con un valor de referencia, por ejemplo el valor de cero. El convertidor CC-CC bidireccional 100 se mantiene en el estado S0 durante el tiempo necesario para cargar al segundo condensador 42. El tiempo de carga T_{CH} del segundo condensador 42 viene dado por $T_{CH} = 10 \cdot R_H \cdot C_H$ segundos, en donde R_H es el valor de resistencia de la cuarta resistencia 40 y C_H es el valor de capacidad del segundo condensador 42. Para los valores $R_H=100 \Omega$ y $C_H=0,2 \text{ mF}$, el tiempo de carga T_{CH} es de aproximadamente 100 ms.

El segundo condensador 42 se usa en el modo de reacción como un acumulador de energía.

A continuación de la carga del segundo condensador 42, el convertidor CC-CC bidireccional 100 sale del estado S0 y entra en el estado S1. En el estado S1, el sexto interruptor 44 se cierra y comienza la etapa activa de conversión CC-CC (con referencia a la Figura 1, el convertidor CC-CC bidireccional 100 carga la batería 11).

El voltaje de salida, en este caso el voltaje del bus de bajo voltaje 2, se controla y mantiene estable mediante el control, en una forma conocida, del ciclo de trabajo para el control de los transistores 68, 70, 74, 76, 92, 93, 96 y 97 del convertidor CC-CC bidireccional 100. El ciclo de trabajo se varía por lo tanto para mantener el valor de voltaje en un nivel deseado, dentro de un intervalo de valores preestablecidos.

En tanto que el voltaje V_L , medido por el detector de voltaje 26 en el bus de bajo voltaje 2, sea menor que un valor

de umbral preestablecido, por ejemplo 24 V, el convertidor CC-CC bidireccional 100 permanece en el estado S1 y trabaja en el modo de reacción. Cuando el detector de voltaje 26 mide un voltaje V_L en el bus de bajo voltaje 2 más alto que el valor de umbral preestablecido, por ejemplo más de 24 V, se entra en el estado S2. En tanto que el convertidor CC-CC bidireccional 100 permanece en el estado S2, las protecciones necesarias están activas para evitar daños al convertidor CC-CC bidireccional 100. Estas protecciones tienen la función de impedir, o al menos reducir, posibles problemas de bajo voltaje y/o sobre voltaje y se fijan vía software en el firmware en la tarjeta del convertidor CC-CC bidireccional 100 (o conectada a él). Por ejemplo, si el voltaje medido en el bus de bajo voltaje 2 permanece en un valor más bajo/más alto que un mínimo/máximo aceptable (por ejemplo, menos de 24 V o más de 32 V) durante un período de tiempo suficientemente largo (es decir no más duración, en cumplimiento con una norma predeterminada), el convertidor CC-CC bidireccional 100 se declara que está en falta. En este caso, el ciclo de trabajo se controla para gradualmente caer a cero. Cuando estas protecciones no están activas, el convertidor funciona regularmente en el estado S2.

La siguiente Tabla 1 muestra, de acuerdo con un ejemplo de la realización, los intervalos de voltaje de funcionamiento normal y de funcionamiento anormal del convertidor CC-CC bidireccional 100, en la entrada y salida desde el convertidor CC-CC bidireccional 100 funcionando en el modo de reacción.

Tabla 1

Entrada (bus de alto voltaje 4)	Salida (bus de bajo voltaje 2)
Voltaje de CC normal: 250 - 280 V	Voltaje de CC normal: 24 - 32 V
Voltaje de CC anormal: <250 V y >280 V	Voltaje de CC anormal: <24 V y >32 V
Corriente máx.: 30 A	Corriente máx.: 250 A
	Voltaje nominal de CC: 28 V
	Valor de rizado en CC: $\pm 1,5$ V
	Potencia máx. solicitada: 6 kW
	Eficiencia: > 83 %

Cuando se detecta un valor de voltaje fuera de los límites indicados en la Tabla 1 (voltaje anormal en el bus de bajo voltaje 2 y/o en el bus de alto voltaje 4), el convertidor CC-CC bidireccional 100 es cortado mediante el control de la caída a cero del ciclo de trabajo. Al mismo tiempo, se sale del estado S2 y se vuelve al estado S0. El convertidor CC-CC bidireccional 100 permanece en el estado S0 hasta que llega una señal de reposición oportuna para el sistema eléctrico completo. La señal de reposición puede llegar desde un PEPDC (Centro Primario de Distribución de Energía Eléctrica, no mostrado), que es el centro de control y distribución para el flujo de energía a través de toda la red eléctrica 3, del que forma parte el convertidor CC-CC bidireccional 100. El efecto de la señal de reposición es la cancelación de todas las advertencias de falta del convertidor CC-CC bidireccional 100 y, en consecuencia, la posibilidad de realizar una nueva secuencia de arranque para operaciones de marcha normal del convertidor CC-CC bidireccional 100 en el modo de refuerzo o en el modo de reacción.

La transición desde el estado S2 al estado S0 puede ser también provocada por la desconexión del PEPDC (Centro Primario de Distribución de Energía Eléctrica), o debido a una solicitud de detención de operaciones realizada por un operador.

Como se ha mencionado, de acuerdo con la presente invención, es posible usar convertidores CC-CC bidireccionales distintos al convertidor CC-CC bidireccional 100 de las Figuras 2 y 3, siempre que estos convertidores posean ciertos requisitos. El convertidor CC-CC bidireccional usado debe ser tal que sea posible fijar el flujo de potencia en cero cuando se solicite (por ejemplo, como se ha mencionado, cuando se controla la caída del ciclo de trabajo a cero); el circuito que implementa el convertidor CC-CC bidireccional debe proporcionar medios de acoplamiento (por ejemplo, el transformador 80 de la Figura 3) de modo que permita la coexistencia de una pluralidad de orígenes con voltajes mutuamente diferentes en el mismo bus; y debe ser posible fijar, cuanto sea necesario, una dirección del flujo de corriente y por lo tanto fijar la dirección del flujo de potencia.

Las condiciones anteriormente mencionadas se satisfacen mediante la realización de las Figuras 2 y 3. Cuando se funciona en modo de refuerzo, el convertidor CC-CC bidireccional 100 se puede esquematizar por medio de un generador de corriente. Alternativamente, en el caso de que el dispositivo de conversión CC-CC 1 adopte una arquitectura celular (es decir comprendiendo una pluralidad de convertidores en puente completo 55 aislados), por medio de una pluralidad (N) de generadores de corriente 120 conectados eléctricamente en paralelo entre sí como se muestra en la Figura 9.

Los generadores de corriente 120 se conectan también en paralelo a una fuente de voltaje primaria 130 (esquematizada en la Figura 3 como un generador de voltaje 132 conectado en paralelo a los generadores de corriente 120 a través de un elemento de diodo 131 y que representa el bus de alto voltaje 4), evitando la conexión de dos generadores de voltaje en paralelo, lo que, como es conocido, no está permitido topológicamente en

sistemas eléctricos. Finalmente, la Figura 9 muestra una carga, por ejemplo una carga resistiva 135 esquematizada por una pluralidad de resistencias 136, conectadas en paralelo a los generadores de corriente 120. Las resistencias 136 representan cargas genéricas conectadas al bus de alto voltaje 4.

5 Con referencia a la Figura 9, si el convertidor CC-CC bidireccional 100 funcionando en el modo de refuerzo deseara fijar un voltaje, por ejemplo y con referencia a la Tabla 1, de 270 V en un bus de alto voltaje 4 ya alimentado por un segundo generador, se crearía un conflicto debido a la imposibilidad de tener dos fuentes de voltaje en paralelo en el mismo nodo. En su lugar, si el convertidor CC-CC bidireccional 100 en el modo de refuerzo no fija un voltaje, pero inyecta corriente sobre el bus de alto voltaje 4, este último no quedará ya sobrecargado y su voltaje volvería automáticamente al valor nominal de 270 V, fijado por el segundo generador.

10 La Figura 10 muestra, por medio de un diagrama de estado, los estados de funcionamiento del convertidor CC-CC bidireccional 100. Con referencia a esta figura, a continuación de la etapa de arranque (paso del estado de desconexión 140 al estado conectado 142), el convertidor CC-CC bidireccional 100 funciona, como se ha dicho, de acuerdo con el control típico normal del modo de reacción (estado 144), pero es capaz de conmutar automáticamente al modo de refuerzo (estado 146) cuando se detecta una sobrecarga en el bus de alto voltaje 4, y por lo tanto un problema de calidad de potencia en la potencia suministrada (voltaje anormal en el bus de alto voltaje 4, por ejemplo menor de 250 V con referencia a la Tabla 1).

15 Cuando se ha restablecido la condición de voltaje óptimo en el bus de alto voltaje 4 (el voltaje ha vuelto a valores normales, por ejemplo entre 250 y 280 V), el convertidor CC-CC bidireccional 100 vuelve al estado 144 (es decir vuelve al funcionamiento en el modo de reacción). El paso entre los estados del modo de reacción 144 y el modo de refuerzo 146 y viceversa tiene lugar mediante la transición a través de un estado de paso 147 y 148 respectivo. El convertidor CC-CC bidireccional 100 conmuta automáticamente entre el estado del modo de reacción 144 y el estado del modo de refuerzo 146 dependiendo de las condiciones de sobrecarga de la red eléctrica 3, y no necesita un comando explícito generado externamente al convertidor; la conmutación entre los estados 144 y 146 es por lo tanto “transparente” al usuario, dado que el usuario no necesita seleccionar manualmente el modo de funcionamiento, siendo el convertidor CC-CC bidireccional 100 por sí mismo el que lo selecciona en base a las mediciones de voltaje V_L y V_H . El paso entre los estados 144 y 146 tiene lugar, como se describe mejor más adelante, disminuyendo el ciclo de trabajo desde el valor de marcha normal (por ejemplo el 35 % para el modo de reacción y el 70 % para el modo de refuerzo, variable y ajustable de acuerdo con el control normal de un convertidor CC-CC en funcionamiento, en una forma conocida, en los modos de reacción y de refuerzo) hasta el 0 %, y a continuación incrementándolo de nuevo al valor de marcha normal en el otro modo de funcionamiento.

20 La Figura 11 muestra los estados de operación del convertidor CC-CC bidireccional 100 con mayor detalle.

En particular, después del encendido, el convertidor CC-CC bidireccional 100 entra en el estado de arranque S0 de la Figura 11. Este estado corresponde al estado S0 ya descrito con referencia a la Figura 8. Tras salir del estado S0, el convertidor CC-CC bidireccional 100 entra en el estado S1a de funcionamiento en el modo de reacción. El estado S1a en la Figura 11, corresponde a los estados S1 y S2 en la Figura 8 y en consecuencia no se describe adicionalmente en el presente documento. En este caso, sin embargo, la salida del estado S2 no conduce al estado S0 de nuevo como se muestra en la Figura 8, sino que conduce al estado S2a.

40 El detector de voltaje 46 toma una medición del valor de voltaje V_H sobre el bus de alto voltaje 4. El convertidor CC-CC bidireccional 100 permanece en el estado S1a en tanto que el valor del voltaje V_H en el bus de alto voltaje 4 permanezca dentro del intervalo normal (con referencia a la Tabla 1 precedente). Cuando el voltaje V_H en el bus de alto voltaje 4 cae por debajo de un umbral mínimo (por ejemplo $V_H < 250$ V), el convertidor CC-CC bidireccional 100 sale del estado S1 y entra en el estado S2a. Con la entrada en el estado S2a inicia un contador de tiempo t_2 . El convertidor CC-CC bidireccional 100 permanece en el estado S2a en tanto que el valor del voltaje V_H en el bus de alto voltaje esté por debajo del límite inferior del intervalo normal (250 V con referencia a la Tabla 1) pero por encima de un valor mínimo aceptable V_{inf} (por ejemplo, fijado en 200 V) y, al mismo tiempo, el contador de tiempo t_2 tenga un valor por debajo de un valor de umbral t_{th1} , por ejemplo 10 ms. El umbral t_{th1} puede ser diferente del valor indicado aquí y puede elegirse de acuerdo con la norma particular. En el caso descrito, el umbral t_{th1} se ha elegido con referencia a las especificaciones de la norma MIL-STD-704F, en particular con referencia al valor mínimo aceptable $V_{inf}=200$ V en el momento $t_2=0$ ms. De acuerdo con lo que idealmente se establece por esta norma, el voltaje V_H en el bus de alto voltaje 4 puede permanecer en este valor aceptable mínimo V_{inf} durante un tiempo máximo de $t_2=10$ ms, y a continuación subir para t_2 entre 10 ms y 40 ms, hasta que alcance el valor de 250 V en $t_2=40$ ms y no cambie adicionalmente.

45 Hay dos condiciones bajo las que se sale del estado S2a. En una primera condición, si el voltaje V_H en el bus de alto voltaje 4 tiene un valor más alto que el valor mínimo aceptable V_{inf} pero el contador de tiempo t_2 ha alcanzado un valor más alto que el valor de umbral t_{th1} , entonces se deja el estado S2a por el estado S4 para un control de la calidad de la potencia. En una segunda condición, si el voltaje V_H en el bus de alto voltaje 4 toma un valor más bajo que el valor aceptable mínimo V_{inf} antes de que el contador de tiempo t_2 tome un valor más alto que el valor de umbral t_{th1} , entonces el control pasa desde el estado S2a al estado S3 para el paso desde el modo de reacción al

modo de refuerzo. En este caso, el bus de alto voltaje 4 está sobrecargado y el convertidor CC-CC bidireccional 100 lo alimenta con potencia tomada del bus de bajo voltaje 2 (en particular, de la batería 11).

5 Volviendo al estado S4, el convertidor CC-CC bidireccional 100 permanece en el estado S4 durante un intervalo de tiempo preestablecido, por ejemplo entre 10 ms y 40 ms. Con este fin, la entrada en el estado S4 inicia un contador de tiempo t_4 . Si después del tiempo $t_4=40$ ms el voltaje V_H en el bus de alto voltaje 4 se ha elevado a dentro del intervalo normal de valores (por ejemplo, por encima de 250 V), el convertidor CC-CC bidireccional 100 retorna al estado S0 (y por lo tanto reanuda la operación en el modo de reacción). En caso contrario, si el voltaje V_H en el bus de alto voltaje 4 permanece por debajo del intervalo normal durante el intervalo de tiempo preestablecido completo
10 o, en particular, si ha caído por debajo del valor aceptable mínimo V_{inf} , el convertidor CC-CC bidireccional 100 pasa desde el estado S4 al estado S3.

15 El estado S3 maneja el abandono del modo de reacción y la entrada en el modo de refuerzo. Con este fin, el valor del ciclo de trabajo que controla el dispositivo de conversión CC-CC 1 es llevado progresivamente a caer a cero (controlando en esta forma el apagado del convertidor CC-CC bidireccional 100). Cuando se alcanza el valor cero del ciclo de trabajo, el convertidor CC-CC bidireccional 100 sale del estado S3 y entra en el estado S5. En el estado S5, el voltaje V_H en el bus de alto voltaje 4 se mide de nuevo mediante el detector de voltaje 46. El valor de voltaje V_H medido durante la permanencia del convertidor CC-CC bidireccional 100 en el estado S5 se compara con un valor de voltaje de umbral V_p próximo, pero justamente por encima del umbral más bajo del intervalo de funcionamiento normal. Por ejemplo, considerando este valor de umbral más bajo como 250 V, V_p es, por ejemplo,
20 igual a 251 V. La finalidad de esta comprobación es verificar si la causa de la caída del voltaje en el bus de alto voltaje 4 es el convertidor CC-CC bidireccional 100 en sí. De hecho, durante la operación en el modo de reacción, el convertidor CC-CC bidireccional 100 es visto como una carga en el bus de alto voltaje 4 y por lo tanto podría ser la causa de sobrecarga en el bus de alto voltaje 4. Por lo tanto, si se halla que el voltaje medido V_H es más alto que el
25 valor mínimo del intervalo de funcionamiento normal (por ejemplo, 251 V), el convertidor CC-CC bidireccional 100 sale del estado S5 y entra en el estado S7. Alternativamente, en el caso de que el voltaje medido V_H sea más bajo que el valor mínimo del intervalo de funcionamiento normal (por debajo de 251 V), el convertidor CC-CC bidireccional 100 sale del estado S5 y entra en el estado S6.

30 En el estado S7, el convertidor CC-CC bidireccional 100 se establece para funcionar en el modo de reacción de nuevo y las operaciones se controlan mediante el uso del controlador de histéresis 200 de la Figura 12 (descrito a continuación con referencia a esta figura). El restablecimiento de un valor de voltaje V_H más alto que el valor mínimo del intervalo de funcionamiento normal ($V_H > 251$ V) permite que el convertidor CC-CC bidireccional 100 funcione de nuevo en el modo de reacción. Con este fin, el ciclo de trabajo, previamente controlado caído a cero (en el estado
35 S3), se incrementa. Al mismo tiempo, se supervisa tanto el voltaje V_H como el voltaje V_L . En particular, se controla el ciclo de trabajo para alcanzar un valor que mantenga el voltaje V_L por debajo del valor máximo del funcionamiento normal (por lo tanto por debajo de 28 V con relación a una consistencia con los ejemplos previos). Este control se realiza después de un periodo de estabilización de la red eléctrica 3, por ejemplo, 400 ms comenzando desde cuando el convertidor CC-CC bidireccional 100 entra en el estado S7, para permitir que sea restablecida la
40 funcionalidad correcta de este último tras salir del estado S3, en donde el dispositivo de conversión CC-CC 1 (y en consecuencia el convertidor CC-CC bidireccional 100) se desconectó controlando el ciclo de trabajo que controla la caída a cero de los transistores. Sin embargo, si el voltaje V_H cae por debajo del valor de umbral más bajo del funcionamiento normal (por debajo de 250 V, por consistencia con los ejemplos previos) mientras esté en el estado S7, el ciclo de trabajo se disminuye de nuevo, hasta que alcanza cero. En este último caso, se sale del estado S7 y se entra en el estado S6. A la inversa, si después de esperar durante el periodo de estabilización de la red eléctrica 3 (elegido, como se ha dicho, igual a 400 ms), el voltaje V_L en el bus de bajo voltaje 2 excede el valor máximo del funcionamiento normal (por encima de 28 V), entonces se sale del estado S7 y se realiza una vuelta al estado S1a. En un estado S6, el funcionamiento del convertidor CC-CC bidireccional 100 se controla en el modo de refuerzo. El control del ciclo de trabajo en el modo de refuerzo se realiza mediante el controlador de histéresis 300 de la Figura
50 13 (descrito a continuación con referencia a esta figura). En el estado S6, en el modo de refuerzo, el ciclo de trabajo se incrementa (y, si es necesario, se disminuye) para mantener el voltaje en el bus de alto voltaje 4 dentro de los límites de funcionamiento normal (véase la Tabla 1). El convertidor CC-CC bidireccional 100 permanece en el estado S6 durante un tiempo al menos tan largo como un intervalo de tiempo preestablecido, por ejemplo el tiempo $t_4=200$ ms, para permitir que el sistema en su conjunto se restablezca a sí mismo y permita que el convertidor CC-CC bidireccional 100 marche regularmente. La condición de salida para el estado S6, evaluada después de un periodo de 200 ms desde la entrada en el estado S6, depende del valor del ciclo de trabajo regulado por el controlador de histéresis 300; si el valor del ciclo de trabajo cae por debajo del 50 % ya no es aconsejable funcionar en el modo de refuerzo, dado que el valor de voltaje suministrado al bus de alto voltaje 4 ya no se considera significativo. En este último caso, se sale del estado S6 y se realiza una vuelta al estado S1a, restaurando el funcionamiento del modo de
55 reacción en el convertidor CC-CC bidireccional 100.

60 La Figura 12 muestra un circuito para el control de histéresis del ciclo de trabajo en el modo de reacción. El controlador de histéresis 200 de la Figura 12 comprende un multiplexor 205 que recibe el valor de voltaje V_L medido en el bus de bajo voltaje 2 en una primera entrada 205a y el valor de voltaje V_H medido en el bus de alto voltaje 4 en una segunda entrada 205b, y genera como salida ambas señales presentes en las entradas 205a y 205b para
65

evaluación de las condiciones de histéresis. La señal de salida desde el multiplexor 205 se proporciona como entrada al bloque 206, que usa la histéresis en el voltaje de los buses de alto voltaje 4 y bajo voltaje 2 para variar el ciclo de trabajo. La salida del bloque 206 se proporciona como entrada a un integrador 207, que genera un valor del ciclo de trabajo como salida.

5 La salida desde el bloque 206 es una señal lógica que toma un valor lógico alto "1" y un valor lógico bajo "-1". El integrador 207 se define por una ganancia K y la variable de Laplace S. El ciclo de trabajo final, en la salida desde el integrador 207, se eleva gradualmente si la señal lógica de salida desde el bloque 206 tiene el valor de incremento ("1") y hacia abajo gradualmente si la señal lógica de salida del bloque 206 tiene el valor de disminución ("-1"). El ciclo de trabajo puede, por ejemplo, expresarse en un formato digital de 12 bits, y en este caso, valores desde 0 (ciclo de trabajo al 0 %) a 2^{12} (ciclo de trabajo al 100 %). De ese modo, si la salida desde el bloque 206 tiene el valor lógico alto "+1", en cada ciclo de reloj, el ciclo de trabajo se incrementa en 1 unidad en la escala de 0 a 2^{12} .

15 Durante el uso, si el valor de voltaje V_H es más alto que el valor mínimo del funcionamiento normal (por ejemplo, con referencia a la Tabla 1, $V_H > 252$ V) y al mismo tiempo el voltaje V_L está por debajo del valor nominal (por ejemplo, con referencia a la Tabla 1, $V_L < 28$ V), el bloque 206 controla el incremento del valor del ciclo de trabajo en un valor unitario preestablecido (por ejemplo +1). A la inversa, si el valor del voltaje V_H es menor de 252 V (por consistencia con el ejemplo previo), por ejemplo $V_H \leq 251$ V o, alternativamente, el voltaje V_L es más alto que 28 V, por ejemplo $V_L > 28,3$ V, el bloque 206 controla el disminución del valor del ciclo de trabajo en un valor preestablecido (por ejemplo -1).

25 Se puede observar cómo el controlador de histéresis 200 controla la disminución del ciclo de trabajo si el voltaje medido está instantáneamente por debajo del valor de umbral, fijado en 251 V en este ejemplo. La condición de incremento del ciclo de trabajo se refiere a la condición en la que el voltaje del bus de alto voltaje 4 es más alto que un valor mayor que un umbral mínimo, fijado en 252 V en el ejemplo previo, y, al mismo tiempo, el voltaje del bus de voltaje bajo 2 es menor que 28 V, elegido como el voltaje de control en el ejemplo previo; en este caso es posible realizar una carga parcial de la batería incrementando el ciclo de trabajo.

30 En su lugar, si el convertidor CC-CC bidireccional 100 está imponiendo un voltaje más alto que el de control, es decir igual a o mayor que 28 V incrementado en 0,3 V en el ejemplo descrito, el ciclo de trabajo se disminuye.

35 La Figura 13 muestra un circuito para el control de histéresis del ciclo de trabajo en el modo de refuerzo. El controlador de histéresis 300 de la Figura 13 que comprende un bloque 306 configurado para recibir como entrada el valor de voltaje V_H presente en el bus de alto voltaje 4 y generar como salida un valor de control para el incremento o disminución del ciclo de trabajo. La señal de salida desde el bloque 306 se proporciona entonces en la entrada de un integrador 30, que genera un valor del ciclo de trabajo como salida.

40 Durante el uso, el ciclo de trabajo se incrementa si el voltaje V_H es menor que el valor mínimo de funcionamiento normal (con referencia a la Tabla 1, si $V_H < 250$ V); a la inversa, el ciclo de trabajo se disminuye si el voltaje V_H es mayor que un umbral fijado en el interior del intervalo de funcionamiento normal, por ejemplo igual a 265 V.

45 Es evidente que, aunque se ha hecho referencia en las realizaciones descritas a un valor mínimo para funcionamiento normal de 250 V, podría ser aconsejable usar un valor de voltaje más alto que el valor mínimo, por ejemplo 260 V. Esto garantiza una mayor estabilidad del sistema, permitiendo al convertidor reaccionar a tiempo ante eventos de caída de voltaje en el bus de alto voltaje 4.

Las ventajas que se pueden conseguir con el método desarrollado de acuerdo con la presente invención son evidentes a partir del examen de sus características.

50 De hecho, el método propuesto de acuerdo con la presente invención permite las transiciones entre los modos de elevación del voltaje y reducción de voltaje para un convertidor CC-CC a ser manejado de forma inteligente, desde la perspectiva de obtener un dispositivo de conversión capaz de soportar el bus eléctrico de alto voltaje en casos en los que este último está sobrecargado y de cargar en su lugar el acumulador de potencia conectado al bus de bajo voltaje cuando existen condiciones normales con referencia al voltaje medible en el lado de alto voltaje. Este manejo es automático, consiguiendo la ventaja de evitar la necesidad de un operador para elegir manualmente el modo de funcionamiento; esto se permite mediante la topología del circuito del convertidor, que es capaz de manejar flujos de potencia bidireccionales. Además, la estrategia de control elegida permite el uso del convertidor como un generador de corriente y no de voltaje, consiguiendo una ventaja adicional al resolver el problema conocido de utilización de dos generadores de voltaje en paralelo sobre un bus, lo que puede crear situaciones de inestabilidad debido al comportamiento impredecible de dos generadores en relación al suministro de la potencia necesaria para alimentar las cargas presentes en el bus. Por medio del método de acuerdo con la presente invención, el convertidor proporciona parte de la potencia necesaria para soportar el funcionamiento de las cargas alimentadas por el bus de alto voltaje, en forma de la corriente, suministrada para restaurar el nivel de voltaje utilizable por el bus, consiguiendo la ventaja de ser capaz de continuar el uso del generador principal suministrando la potencia al bus a 270 V (lo que, a través de la sobrecarga, puede alimentar parte de las cargas presentes) junto al convertidor en modo generador.

5 Adicionalmente, el convertidor objeto de la presente invención selecciona los modos de reacción, refuerzo, o reacción/refuerzo reducido sin la intervención del operador y/o sin necesidad de un control a través de una señal externa, sino por la comparación de voltajes de interés y de los valores de corriente medidos con referencia a umbrales. En esta forma, la lógica de control siempre asegura el mejor modo de funcionamiento con respecto al estado global del convertidor y, en particular, a los valores de voltaje medidos en los buses.

10 Además, el flujo de potencia es, como se ha descrito, bidireccional. Esta es una característica intrínseca del convertidor CC-CC de acuerdo con la presente invención. Por el contrario, se debería observar que en tipos conocidos de convertidores se evita oportunamente la bidireccionalidad de la corriente para garantizar la seguridad en las etapas de funcionamiento.

15 En último lugar, gracias a la topología del circuito y el método de control asociado, el convertidor de acuerdo con la presente invención es capaz, gracias a su topología de circuito, de fijar un flujo de potencia deseado instante por instante y es capaz también de fijar un flujo de potencia cero cuando el ciclo de trabajo es del 0 % durante un período de tiempo necesario para reconfigurar el convertidor para invertir el flujo de potencia. En esta forma, se consigue la utilización bidireccional de una forma segura. Se debería observar que el paso entre el modo de elevación y el de reducción del voltaje no se puede obtener mediante la simple inhibición de los interruptores cuando el ciclo de trabajo es mayor del 0 %. Esto provocaría de hecho serios daños eléctricos al convertidor. En su lugar, como se ha descrito, es preferible reducir el valor del ciclo de trabajo en etapas preestablecidas hacia cero antes de realizar el paso entre el modo de elevación y el de reducción de voltaje, y viceversa. De hecho, al actuar de acuerdo con el método de la presente invención, la corriente en el inductor de refuerzo se reduce a un valor nulo antes de que se realice el paso entre los dos modos de funcionamiento, evitando de ese modo el fenómeno de sobrevoltaje que es provocado en los interruptores del puente completo.

25 Finalmente, se entiende que se pueden realizar cambios y modificaciones al método descrito e ilustrado en el presente documento sin salirse del alcance de protección de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

30 Los valores del umbral V_{inf} y del temporizador de estado S2a se pueden modificar de acuerdo con la definición de la norma a ser respetada (hasta el grado de que los estados S2a y S4 se podrían eliminar, comprobando solamente el valor instantáneo del voltaje), así como el umbral para el paso desde el estado S5 al estado S6 o al estado S7. Además, los controladores de histéresis de la Figura 12 y la Figura 13 se pueden modificar también, incrementando o disminuyendo el valor de la constante K para el integrador, de modo que acelere o desacelere la velocidad de la rampa del ciclo de trabajo, y también el ancho de las bandas óptimas para el voltaje de los buses de alto voltaje y bajo voltaje.

40 Adicionalmente, el método de acuerdo con la presente invención se puede aplicar a diferentes tipos de convertidores entre los conocidos, por ejemplo convertidores en semipunto, o convertidores trifásicos, o convertidores con un transformador de toma central, o incluso otros convertidores más.

REIVINDICACIONES

1. Un método de control de un convertidor CC-CC bidireccional (100) conectable entre un bus de alto voltaje (4) y un bus de bajo voltaje (2) para el paso desde un primer modo de funcionamiento (144) en el que el alto voltaje se convierte a un bajo voltaje y un segundo modo de funcionamiento (146) en el que el bajo voltaje se convierte a alto voltaje, que comprende las etapas de:
- controlar (S1a) el convertidor CC-CC bidireccional (100) en el primer o en el segundo modo de funcionamiento con un ciclo de trabajo que tenga un valor mayor del 0 %;
 - medir (S2) un primer voltaje (V_H) presente en el bus de alto voltaje (4);
 - medir (S1) un segundo voltaje (V_L) presente en el bus de bajo voltaje (2);
 - controlar automáticamente (147), en base a los dichos primer y segundo voltajes medidos, del paso del convertidor CC-CC bidireccional (100) desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento o desde el segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento, **caracterizado por que** comprende adicionalmente, antes del control del paso desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento, las etapas de:
 - medir de modo continuo (S4) durante un primer intervalo de tiempo preestablecido (t_2), el voltaje (V_H) presente en el bus de alto voltaje (4);
 - comparar (S4) el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) con un primer valor de umbral (V_{inf}); y
 - verificar (S4) si, dentro del primer intervalo de tiempo (t_2), el voltaje (V_H) en el bus de alto voltaje (4) toma un valor inferior al del primer valor de umbral (V_{inf}) y, si es así, control (147; S3, S4) del paso del convertidor CC-CC bidireccional (100) desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento.
- Incluyendo la etapa de control (147) de dicho paso la disminución (S3) del ciclo de trabajo en etapas preestablecidas hasta que se alcance un valor del ciclo de trabajo del 0 %.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha etapa de control (147) del paso desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento comprende, al final de dicha etapa de disminución del ciclo de trabajo, la etapa de incrementar el ciclo de trabajo en etapas preestablecidas para accionar dicho segundo modo de funcionamiento.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicha etapa de control (147) del paso desde el segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento comprende, al final de dicha etapa de disminución del ciclo de trabajo, la etapa de incrementar el ciclo de trabajo en etapas preestablecidas para accionar dicho primer modo de funcionamiento.
4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente, durante el segundo modo de funcionamiento (146), las etapas de:
- medir de modo continuo (S6) del voltaje (V_H) presente en el bus de alto voltaje (4);
 - comparar (S6) el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) con un primer intervalo de valores preestablecidos de funcionamiento óptimo;
 - en base a dicha comparación del voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) con el primer intervalo de valores preestablecidos de funcionamiento óptimo, incrementar (S6) o disminuir (S6) el valor del ciclo de trabajo en etapas preestablecidas para mantener el primer valor de voltaje (V_H) dentro del primer intervalo de valores preestablecidos de funcionamiento óptimo.
5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente, durante el primer modo de funcionamiento (144), las etapas de:
- medir de modo continuo (S7) el voltaje (V_L) presente en el bus de bajo voltaje (2);
 - comparar (S1a; S1, S2) el voltaje (V_L) medido en el bus de bajo voltaje (2) con un segundo intervalo de valores preestablecidos de funcionamiento óptimo;
 - en base a dicha comparación del voltaje (V_L) medido en el bus de bajo voltaje (2) con el segundo intervalo de valores preestablecidos de funcionamiento óptimo, incrementar (S7) o disminuir (S1a, S1, S2) el valor del ciclo de trabajo en etapas preestablecidas para mantener el primer valor de voltaje (V_L) dentro del segundo intervalo de valores preestablecidos de funcionamiento óptimo.
6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha etapa de control (147; S3, S4) del paso del convertidor CC-CC bidireccional (100) desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento comprende adicionalmente las etapas de:
- medir de modo continuo (S5) el voltaje (V_H) presente en el bus de alto voltaje (4);
 - comparar (S5, S7) el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) con un segundo valor de umbral

- (V_p) más alto que el primer valor de umbral (V_{inf});
- si el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) es más alto que el segundo valor de umbral (V_p), mantener (S7) el convertidor CC-CC bidireccional (100) en el primer modo de funcionamiento;
 - si el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) es más bajo que el segundo valor de umbral (V_p), completar (S5, S6) el paso desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento controlando el convertidor CC-CC bidireccional (100) en el segundo modo de funcionamiento.
- 5
7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de control (148) del paso desde el segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento comprende adicionalmente las etapas de:
- 10
- mantener (S6) el convertidor CC-CC bidireccional (100) en el segundo modo de funcionamiento durante un segundo intervalo de tiempo preestablecido;
 - detectar continuamente (S6), al final del segundo intervalo de tiempo (t_3), el valor del ciclo de trabajo durante dicho segundo modo de funcionamiento;
 - comparar (S6) el valor del ciclo de trabajo detectado con un valor del ciclo de trabajo de umbral;
 - si el valor del ciclo de trabajo detectado es más bajo que el valor del ciclo de trabajo de umbral, controlar (S6, S1a) el paso desde el segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento.
- 15
- 20
8. Un convertidor CC-CC bidireccional (100) que puede conectarse entre un bus de alto voltaje (4) y un bus de bajo voltaje (2) para el paso desde un primer modo de funcionamiento (144) en el que el alto voltaje se convierte a bajo voltaje y un segundo modo de funcionamiento (146) en el que el bajo voltaje se convierte a alto voltaje, que comprende:
- 25
- un primer voltímetro (26) configurado para medir un primer voltaje (V_H) presente en el bus de alto voltaje (4);
 - un segundo voltímetro (46) configurado para medir un segundo voltaje (V_L) presente en el bus de bajo voltaje (2);
 - una lógica de control (121) configurada para controlar (S1a) el convertidor CC-CC bidireccional (100) en el primer o en el segundo modo de funcionamiento con un ciclo de trabajo que tenga un valor mayor del 0 %; control (147), en base a dichos primer y segundo voltajes medidos, del paso del convertidor CC-CC bidireccional (100) desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento o desde el segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento,
- 30
- 35
- caracterizado por que** el primer voltímetro (26) se configura adicionalmente para medir (S4), continuamente y durante un primer intervalo de tiempo preestablecido (t_2), el voltaje (V_H) presente en el bus alto voltaje (4), y
- 40
- la lógica de control (121) se configura adicionalmente para, antes de controlar el paso desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento del convertidor CC-CC bidireccional (100):
- comparar (S4) el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) con un primer valor de umbral (V_{inf});
 - verificar (S4) si, dentro del primer intervalo de tiempo (t_2), el voltaje (V_H) en el bus de alto voltaje (4) toma un valor inferior al del primer valor de umbral (V_{inf}) y, si es afirmativo, controlar (147; S3, S4) un paso del convertidor CC-CC bidireccional (100) desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento; y
- 45
- disminuir (S3) el ciclo de trabajo en etapas preestablecidas hasta que se alcance un valor del ciclo de trabajo del 0 %.
- 50
9. El convertidor de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la lógica de control (121) se configura adicionalmente, al final de dicha etapa de disminución del ciclo de trabajo, para incrementar el ciclo de trabajo en etapas preestablecidas para realizar el paso desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento.
- 55
10. El convertidor de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que la lógica de control (121) se configura adicionalmente, al final de dicha etapa de disminución del ciclo de trabajo, para incrementar el ciclo de trabajo en etapas preestablecidas para realizar el paso desde el segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento.
- 60
11. El convertidor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que el primer voltímetro (26) se configura adicionalmente para medir continuamente el voltaje (V_H) presente en el bus de alto voltaje (4), y la lógica de control (121) se configura adicionalmente para:
- 65

- 5
- comparar (S6) el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) con un primer intervalo preestablecido de valores de funcionamiento óptimo;
 - en base a dicha comparación del voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) con el primer intervalo preestablecido de valores de funcionamiento óptimo, incrementar (S6) o disminuir (S6) el valor del ciclo de trabajo en etapas preestablecidas para mantener el primer valor de voltaje (V_H) dentro del primer intervalo preestablecido de valores de funcionamiento óptimo.
- 10
12. El convertidor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en el que el segundo voltímetro (46) se configura adicionalmente para medir, continuamente y durante el primer modo de funcionamiento, el voltaje (V_L) presente en el bus de bajo voltaje (2), y la lógica de control (121) se configura adicionalmente para:
- 15
- comparar (S1a, S1, S2) el voltaje (V_L) medido en el bus de bajo voltaje (2) con un segundo intervalo preestablecido de valores de funcionamiento óptimo;
 - en base a dicha comparación del voltaje (V_L) medido en el bus de bajo voltaje (2) con el segundo intervalo preestablecido de valores de funcionamiento óptimo, incrementar (S7) o disminuir (S1a, S1, S2) el valor del ciclo de trabajo en etapas preestablecidas para mantener el primer valor de voltaje (V_L) dentro del segundo intervalo preestablecido de valores de funcionamiento óptimo.
- 20
13. El convertidor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en el que el segundo voltímetro (46) se configura adicionalmente para medir continuamente (S5) el voltaje (V_H) presente en el bus de alto voltaje (4), y la lógica de control (121) se configura adicionalmente para:
- 25
- comparar (S5, S7) el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) con un segundo valor de umbral (V_p) más alto que el primer valor de umbral (V_{int});
 - si el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) es más alto que el segundo valor de umbral (V_p), mantener (S7) el convertidor CC-CC bidireccional (100) en el primer modo de funcionamiento;
 - si el voltaje (V_H) medido en el bus de alto voltaje (4) está por debajo del segundo valor de umbral (V_p), completar el paso (S5, S6) desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento controlando el convertidor CC-CC bidireccional (100) en el segundo modo de funcionamiento.
- 30
- 35
14. El convertidor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-13, en el que la lógica de control (121) se configura adicionalmente, durante la etapa de control (148) del paso desde el segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento, para:
- 40
- mantener (S6) el convertidor CC-CC bidireccional (100) en el segundo modo de funcionamiento durante un segundo intervalo de tiempo preestablecido (t_3);
 - detectar continuamente (S6), desde el final del segundo intervalo de tiempo (t_3), el valor del ciclo de trabajo durante dicho segundo modo de funcionamiento;
 - comparar (S6) el valor del ciclo de trabajo detectado con un valor del ciclo de trabajo de umbral;
 - si el valor del ciclo de trabajo detectado es menor que el valor del ciclo de trabajo de umbral, controlar (S6, S1a) el paso desde el segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento.

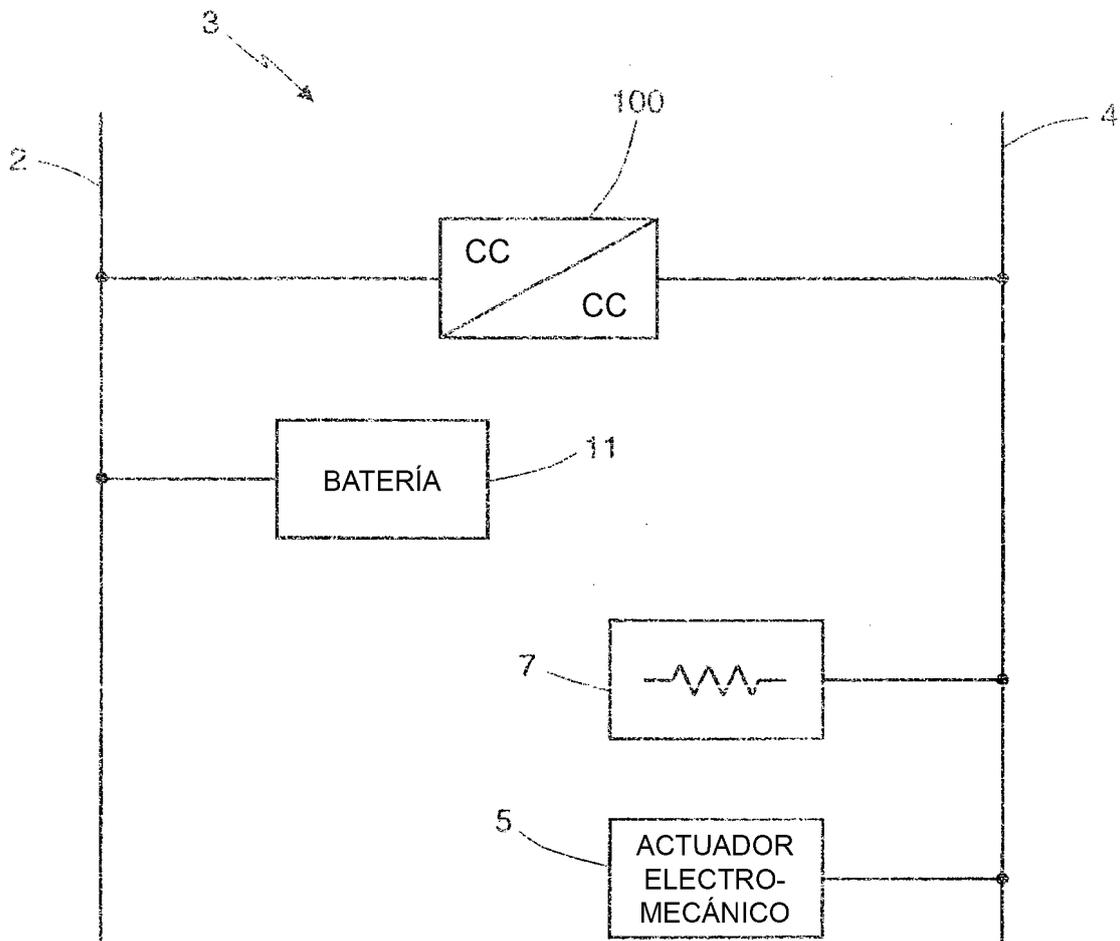


Fig.1

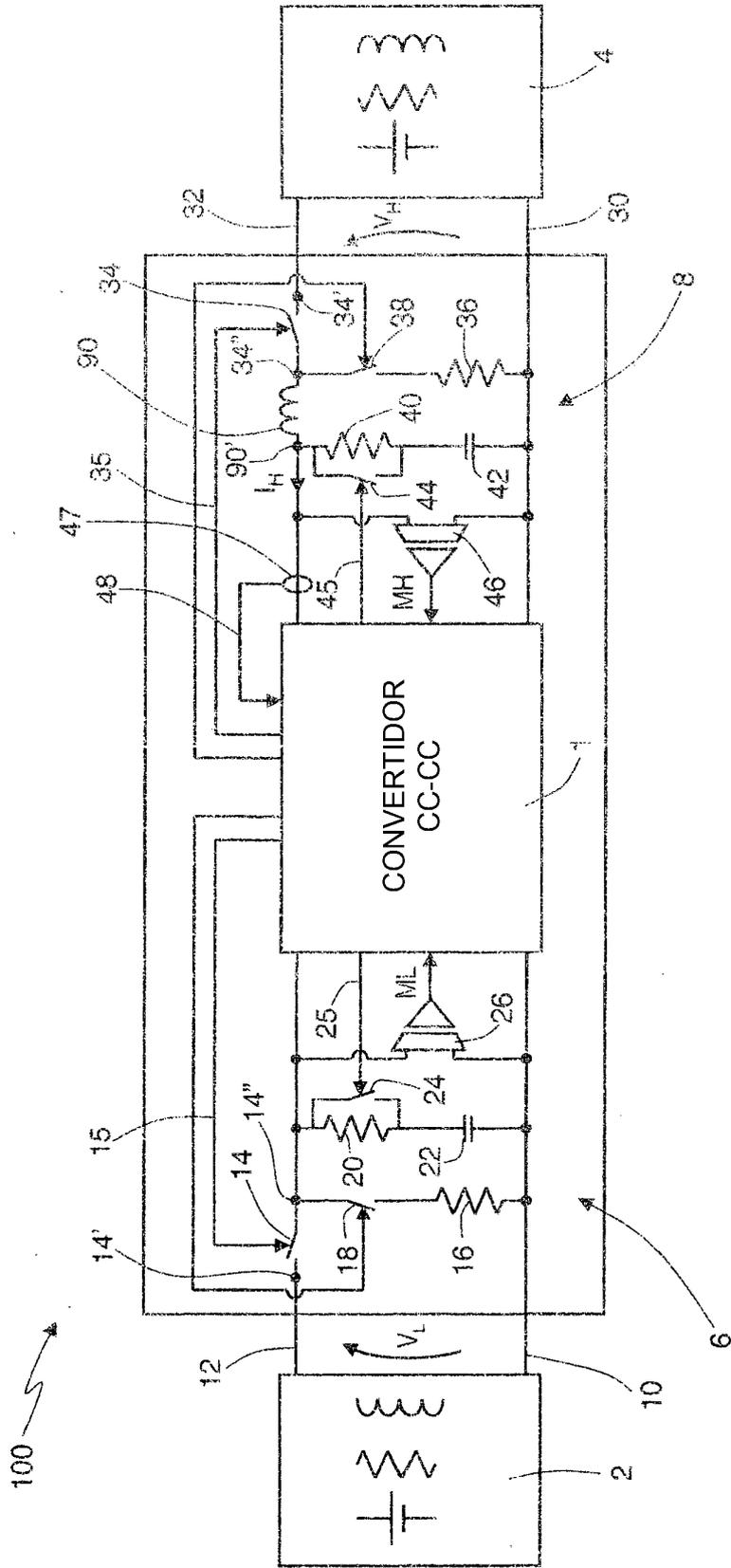


Fig.2

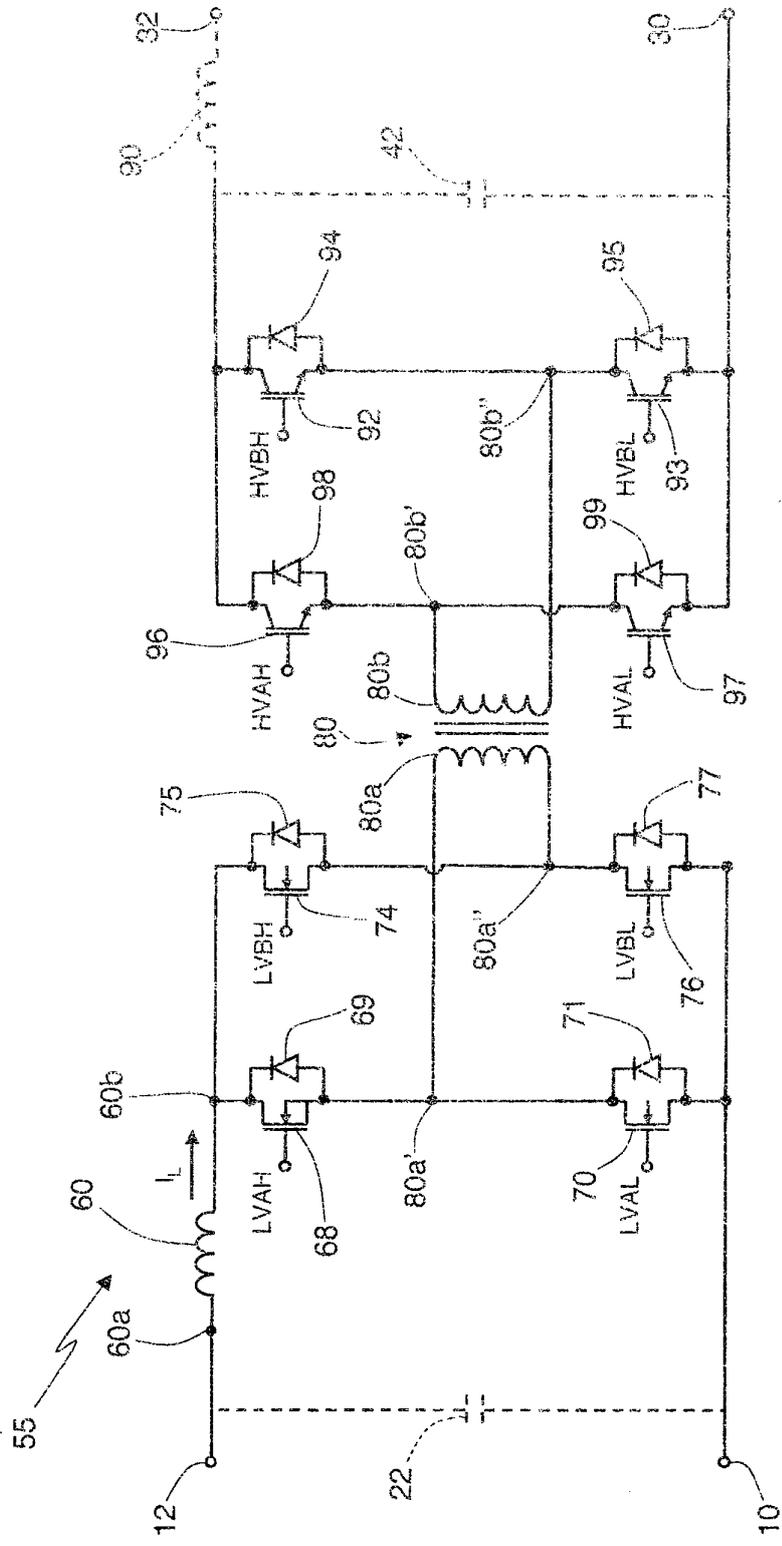
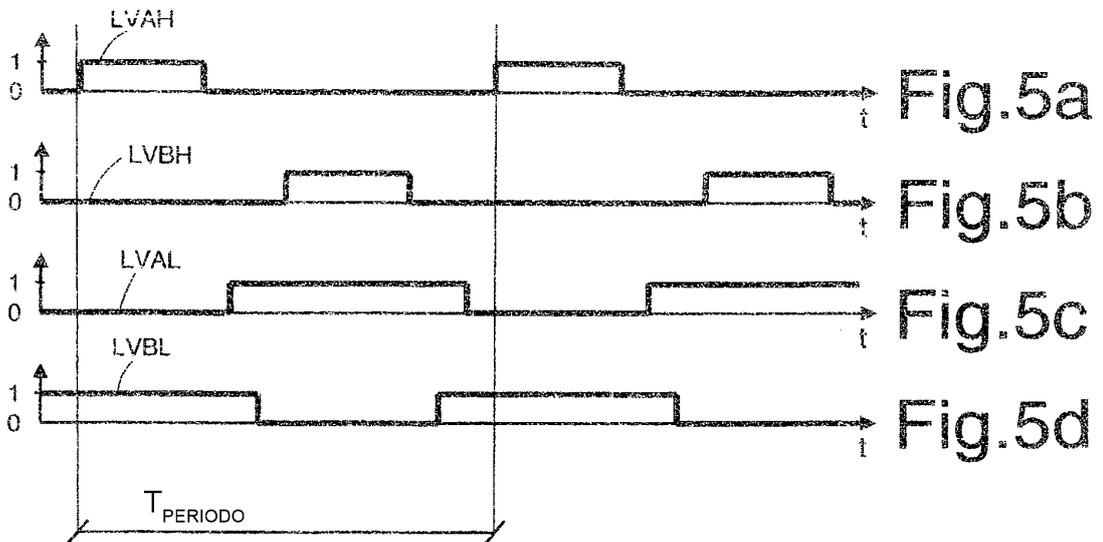
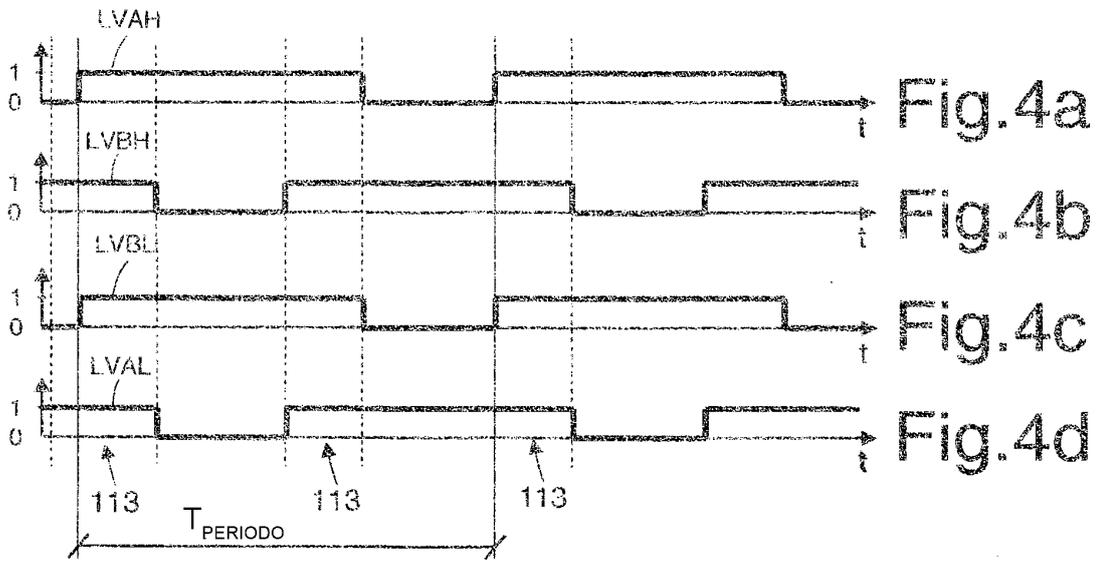


Fig.3



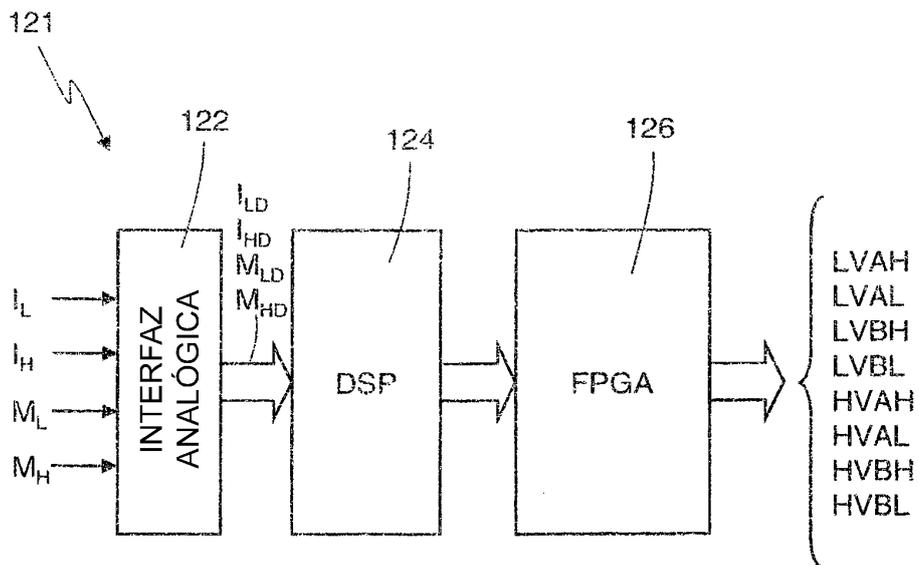
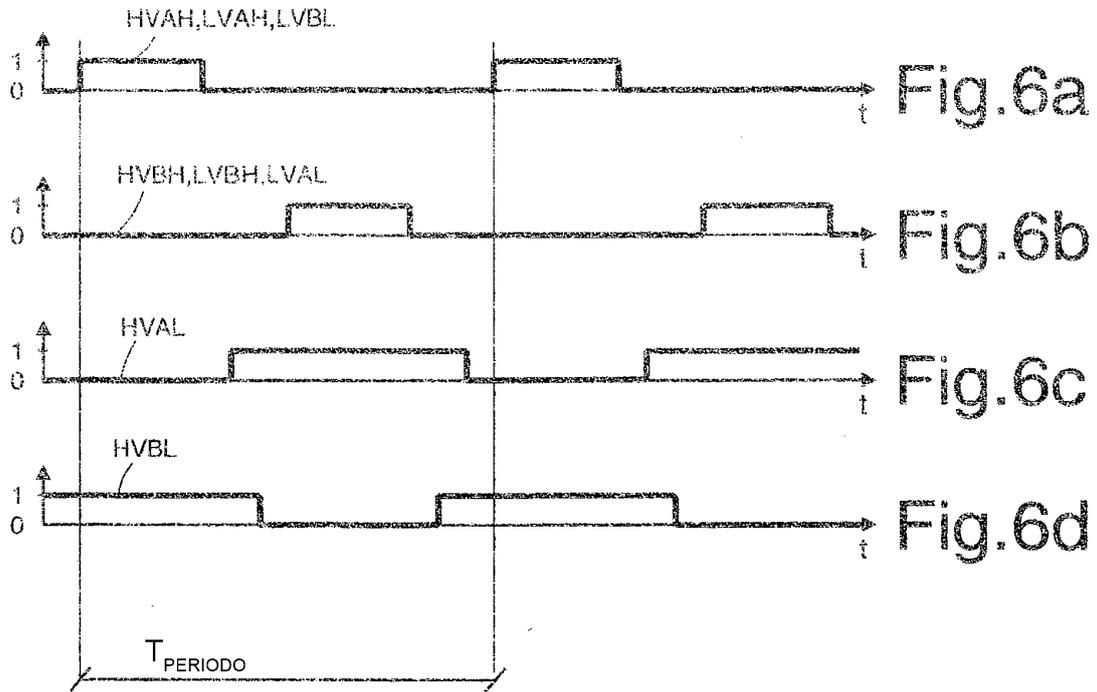


Fig.7

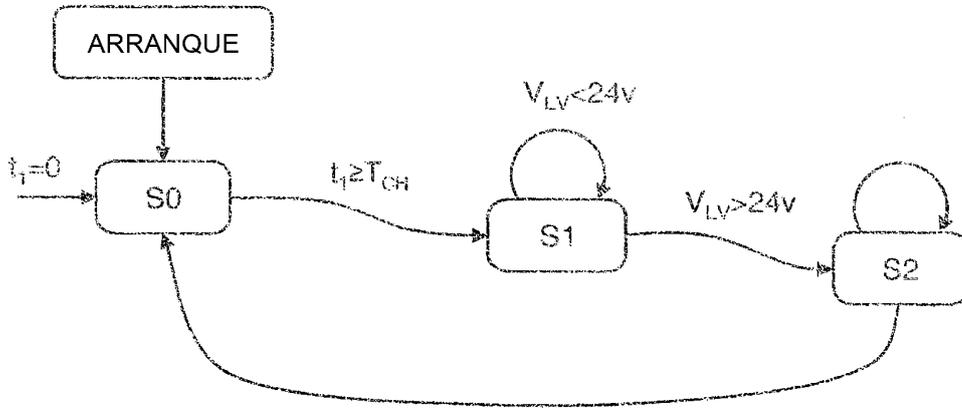


Fig.8

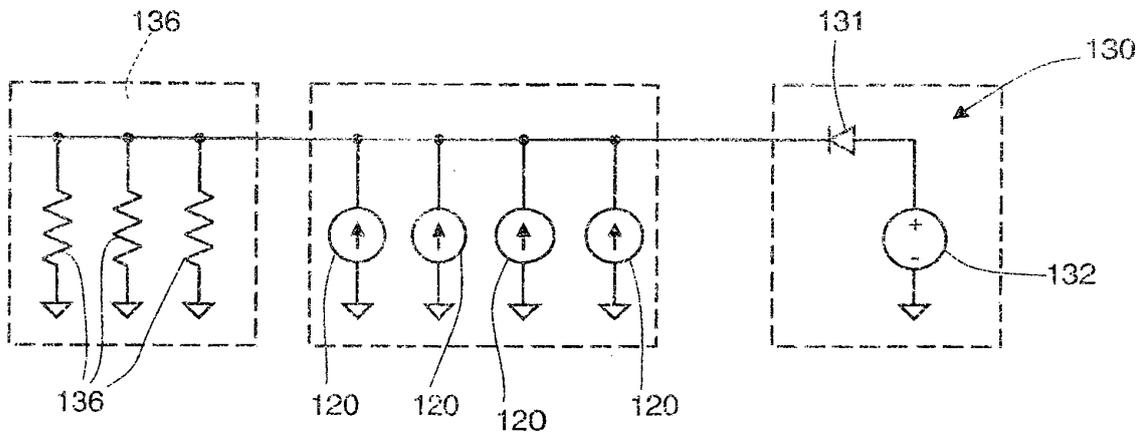


Fig.9

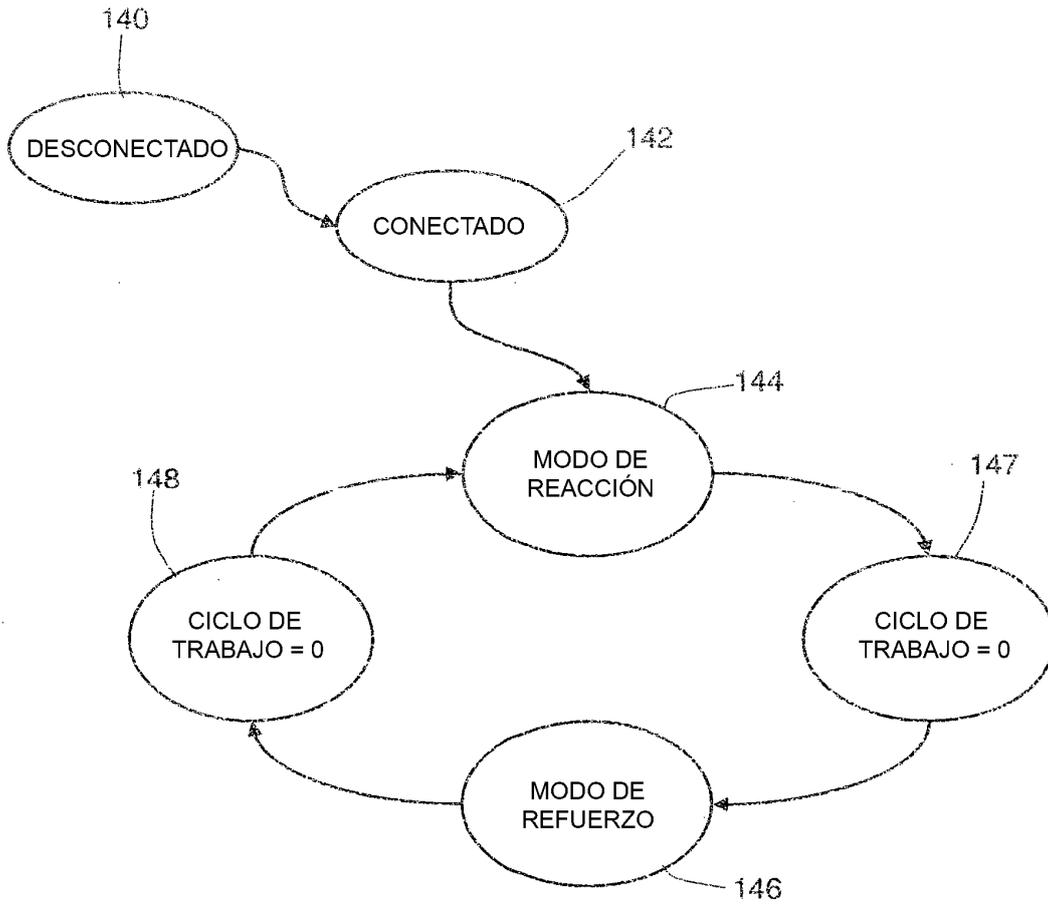


Fig.10

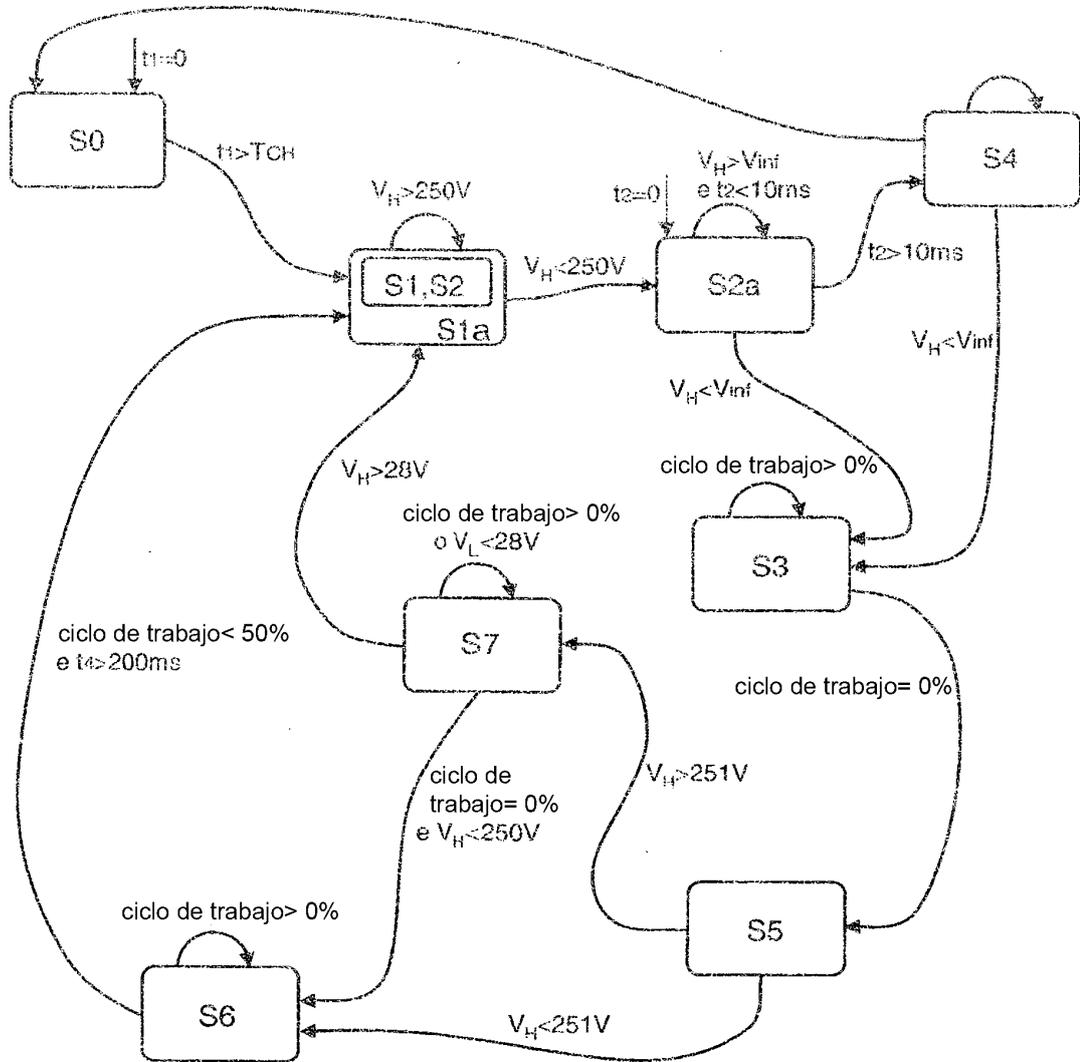


Fig.11

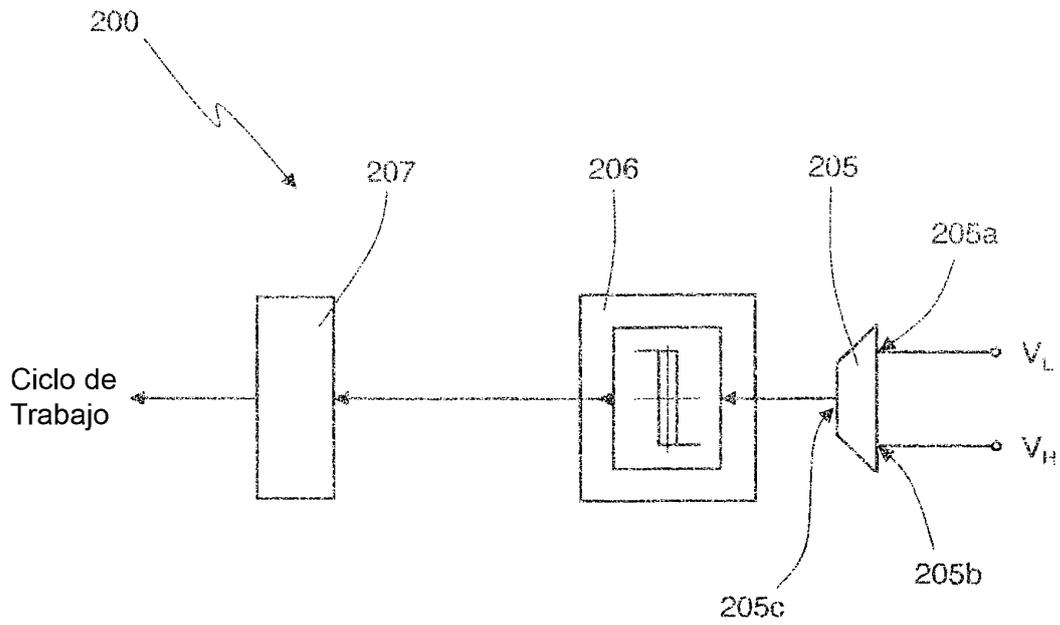


Fig.12

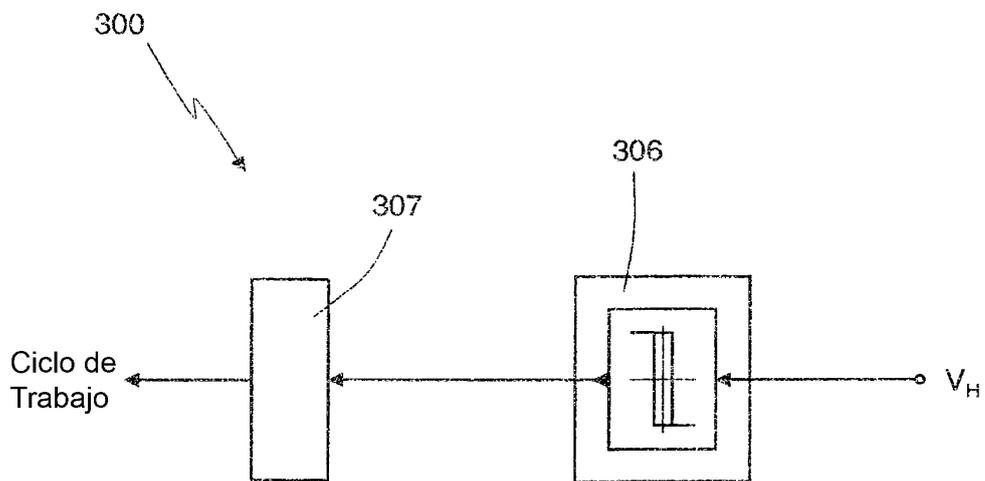


Fig.13

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 Esta lista de referencias citadas por el solicitante es para conveniencia del lector. No forma parte del documento de la Patente Europea. Aunque se ha tenido mucho cuidado en la compilación de las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la EPO declina responsabilidades por este asunto.

Documentos de patentes citadas en la descripción

- US 6344985 B [0007]
- US 6191964 B [0008]