

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 937 807**

51 Int. Cl.:

**H02M 7/217** (2006.01)

**H02J 50/00** (2006.01)

**H02M 3/158** (2006.01)

**H02J 7/34** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2017** **E 17201532 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2023** **EP 3334027**

54 Título: **Dispositivo convertidor para obtener energía así como dispositivo de generación de energía con un dispositivo convertidor de este tipo y uso de dispositivo convertidor de este tipo**

30 Prioridad:

**09.12.2016 DE 102016224639**

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

**31.03.2023**

73 Titular/es:

**WÜRTH ELEKTRONIK EISOS GMBH & CO. KG**  
**(100.0%)**

**Max-Eyth-Strasse 1**  
**74638 Waldenburg, DE**

72 Inventor/es:

**SHOUSHI, MAHMOUD y**  
**HAUG, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 937 807 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 convertidor para obtener energía así como dispositivo de generación de energía con un dispositivo convertidor de este tipo y uso de dispositivo convertidor de este tipo

5 La invención se refiere a un dispositivo convertidor para obtener energía y a un generador de energía con un dispositivo convertidor de este tipo. Además, la invención se refiere al uso de un dispositivo convertidor de este tipo.

10 La recolección de energía se refiere a la obtención de pequeñas cantidades de energía eléctrica desde fuentes en el entorno de un aparato eléctrico móvil, como por ejemplo de la temperatura ambiente o de vibraciones. Los equipos de obtención de energía correspondientes como, por ejemplo, los generadores termoelectricos o los cristales piezoelectricos, proporcionan una tensión de la misma polaridad (tensión CC) o una tensión de polaridad alterna (tensión CA). Para poder utilizar la energía proporcionada por el equipo de obtención de energía de manera eficiente, se requiere un dispositivo convertidor.

15 Del artículo especializado "*Implementation of an Efficient AC-DC Converter for Low Voltage Energy Harvesting*" or Anupriya Sriramulu y col., IEEE International Conference on Engineering Education 2012, páginas 1 a 6, se conoce un convertidor CA-CC para bajas tensiones generadas por un recolector de energía electromagnética. En un primer modo de funcionamiento durante una media onda de tensión positiva del recolector de energía, se cierra un primer conmutador electrónico, de manera que la energía eléctrica generada se almacena en una primera bobina. En un segundo modo de funcionamiento posterior durante la media onda de tensión positiva, el primer conmutador electrónico está abierto, de modo que la energía almacenada en la primera bobina se almacena en un condensador a través de un primer diodo. En un tercer modo de funcionamiento, durante una media onda de tensión negativa del cosechador de energía, se cierra un segundo conmutador electrónico, de modo que la energía eléctrica generada se almacena en una segunda bobina. En un cuarto modo de funcionamiento posterior durante la media onda de tensión negativa, la energía almacenada en la segunda bobina se almacena en el condensador a través de un segundo diodo. Un consumidor está conectado en paralelo al condensador.

30 Por el artículo especializado "*Power corrected bridgeless converter based switched mode power supply factor*" de Singh Shikha y col., IET Power Electronics, 2016, páginas 1684 a 1693, se conoce un equipo de suministro de energía para computadoras personales.

35 Por el artículo especializado "*High-Frequency-Fed Unity Power-Factor AC-DC Power Converter With One Switching Per Cycle*" de Lee Chi-Kwan y col., IEEE Transactions on Power Electronics, 2015, se conoce un convertidor de potencia que puede funcionar a alta frecuencia.

Por el documento DE 10 2009 014 702 A1 se conoce una disposición de circuito para el aprovechamiento de energía eléctrica de cosechadores de energía.

40 Por el artículo técnico "*Power processing circuits for electromagnetic, electrostatic and piezoelectric inertial energy scavengers*" de PD Mitcheson y col., Microsystem Technologies, 2007, págs. 1629-1635, se conoce un dispositivo convertidor para obtener energía con dos circuitos para un medio ciclo positivo y un medio ciclo negativo de una tensión generada. Los circuitos están configurados en cada caso como un convertidor elevador.

45 Por el artículo especializado "*A Simple Bi-directional Bridgeless AC/DC Buck-Boost Converter for Automotive Energy Harvesting*" por Chen-Yu Hsieh y col., 40ª conferencia anual de la IEEE Industrial Electronics Society, 2014, págs. 1937-1943, se conoce un convertidor CA-CC para una tensión alterna generada por un cosechador de energía. El convertidor CA-CC forma un convertidor reductor-elevador para un medio ciclo positivo y un medio ciclo negativo de una tensión generada en cada caso.

50 La invención se basa en el objetivo de crear un dispositivo convertidor simple, fiable, eficiente y de uso universal para obtener energía.

55 Este objetivo se consigue mediante un dispositivo convertidor con las características de la reivindicación 1. El convertidor está configurado como un convertidor reductor-elevador. Debido a que el convertidor comprende un primer circuito de carga que puede hacerse funcionar mediante una tensión positiva aplicada en los terminales de entrada y un segundo circuito de carga que puede hacerse funcionar mediante una tensión negativa aplicada en los terminales de entrada, el convertidor permite la conversión de una tensión aplicada en los terminales de entrada con polaridad alterna en una tensión continua (conversión CA/CC) y la conversión de una tensión de la misma polaridad aplicada en los terminales de entrada en una tensión continua (conversión CC/CC). Para ello, los circuitos de carga presentan en cada caso un conmutador electrónico y un acumulador de energía eléctrica conectados en serie a este. Los conmutadores eléctricos se controlan mediante el equipo de control en función de la polaridad de la tensión aplicada en los terminales de entrada, de modo que el primer circuito de carga o el segundo circuito de carga o ambos circuitos de carga se hacen funcionar alternativamente dependiendo de la polaridad.

65 El dispositivo convertidor garantiza una alta fiabilidad y eficiencia. Debido a que dos elementos de conmutación

electrónicos en cada caso están conectados en serie en los conmutadores electrónicos, se evitan las corrientes parásitas y las pérdidas causadas por ellas. En particular, los dos elementos electrónicos de conmutación están dispuestos espalda con espalda. Esto evita pérdidas y un mal funcionamiento como resultado de corrientes parásitas. Las corrientes parásitas son causadas en particular por diodos inversos (diodos de cuerpo). Debido a la disposición

5 espalda con espalda, los diodos inversos presentan diferentes direcciones de bloqueo. Los elementos de conmutación electrónicos se seleccionan del grupo de transistores de efecto de campo (canal n o canal p) y transistores bipolares (NPN o PNP). Los elementos de conmutación electrónicos están configurados preferentemente como MOSFET, en particular como MOSFET de canal n.

10 El dispositivo convertidor asegura un almacenamiento y suministro de energía eléctrica simple y eficiente. La primera bobina está conectada en paralelo al primer condensador. El primer elemento de bloqueo está conectado en serie a la primera bobina o al primer condensador. El primer elemento de bloqueo está configurado, por ejemplo, como diodo. El primer elemento de bloqueo está dispuesto de tal manera que en un primer estado de conmutación, cuando el primer conmutador electrónico está encendido, se almacena energía en la primera bobina mediante la tensión positiva aplicada en los terminales de entrada. En el primer estado de conmutación, el primer elemento de bloqueo impide la carga del primer condensador. En un segundo estado de conmutación subsiguiente, cuando el primer conmutador electrónico está desconectado, el primer condensador se carga mediante un flujo de corriente mediante la primera bobina a través del primer elemento de bloqueo.

20 La segunda bobina está conectada en paralelo al segundo condensador. El segundo elemento de bloqueo está conectado en serie a la segunda bobina o el segundo condensador. El segundo elemento de bloqueo está configurado, por ejemplo, como diodo. El segundo elemento de bloqueo está dispuesto de tal manera que, en un primer estado de conmutación, cuando el segundo conmutador electrónico está encendido, se almacena energía en la segunda bobina por medio de la tensión negativa aplicada en los terminales de entrada. En el primer estado de conmutación, el segundo elemento de bloqueo impide la carga del segundo condensador. En un segundo estado de conmutación subsiguiente, cuando el segundo conmutador electrónico está desconectado, el segundo condensador se carga mediante un flujo de corriente mediante la segunda bobina a través del segundo elemento de bloqueo.

30 En un funcionamiento del dispositivo convertidor con un equipo de obtención de energía que genera una tensión de polaridad alterna, el primer condensador y el segundo condensador están conectados a uno de los terminales de salida (conversión CA/CC) en cada caso. En un funcionamiento del dispositivo convertidor con un equipo de obtención de energía que genera una tensión de la misma polaridad, dependiendo de la polaridad, el primer condensador o el segundo condensador está conectado a los terminales de salida (conversión CC/CC).

35 El dispositivo convertidor asegura una alta eficiencia. En el equipo de control se implementa un circuito de regulación para la impedancia de entrada del convertidor. La impedancia de entrada se determina en los terminales de entrada. Para este propósito, el equipo de control comprende un sensor de medición de tensión para medir la tensión aplicada en los terminales de entrada y un sensor de medición de corriente para medir una corriente que fluye desde el equipo de obtención de energía al convertidor. Una impedancia de entrada se determina a partir de la tensión medida y la corriente medida por medio del equipo de control. Se determina una desviación de regulación o una diferencia a partir de una impedancia de entrada teórica y la impedancia de entrada determinada, y se suministra al regulador de impedancia. El regulador de impedancia está configurado como controlador PID, por ejemplo. El regulador de impedancia proporciona una unidad de conmutación con una variable de control. El ciclo de trabajo D y, por lo tanto, la impedancia de entrada del convertidor se establecen utilizando la variable de control. La unidad de conmutación está configurada, por ejemplo, como un modulador de ancho de pulso digital. La impedancia de entrada se regula preferentemente de tal manera que la impedancia de entrada sea puramente resistiva y, por tanto, la tensión medida y la corriente medida estén esencialmente en fase. La impedancia de entrada teórica se determina empíricamente, en particular, en ensayos. La impedancia de entrada teórica es, por ejemplo, un valor de resistencia en el que se logra una alta eficiencia, en particular la máxima eficiencia en la obtención de energía.

50 El dispositivo convertidor tiene una estructura simple y puede usarse universalmente. Debido al hecho de que el primer circuito de carga y el segundo circuito de carga están conectados en paralelo entre sí, pueden operarse de manera sencilla según sea necesario mediante conmutadores electrónicos asociados. El conmutador electrónico respectivo está conectado a uno de los terminales de entrada y el acumulador de energía asociado en cada caso está conectado al otro de los terminales de entrada. Los acumuladores de energía están conectados preferentemente al primer terminal de entrada y los conmutadores electrónicos están conectados al segundo terminal de entrada. Esto logra una estructura simétrica para el dispositivo convertidor.

60 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 2 permite proporcionar una tensión de salida de manera sencilla. Para el funcionamiento de un aparato electrónico móvil, un acumulador de energía galvánica recargable o una batería recargable puede conectarse a los terminales de salida. En paralelo al acumulador de energía galvánica recargable puede conectarse un consumidor eléctrico, que puede hacerse funcionar mediante el acumulador de energía galvánica y/o la tensión de salida facilitada. El aparato electrónico móvil es, por ejemplo, un aparato electrónico portátil y/o un aparato electrónico en un vehículo. En particular, el primer acumulador de energía está conectado adicionalmente a un tercer terminal de salida y/o el segundo acumulador de energía está conectado a un cuarto terminal de salida. Si se aplica una tensión con la misma polaridad en los terminales de entrada, el acumulador de energía recargable puede

conectarse al primer y tercer terminal de salida si la tensión es positiva y al segundo y cuarto terminal de salida si la tensión es negativa. A su vez, un consumidor eléctrico puede conectarse en paralelo con el acumulador de energía galvánica recargable.

5 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 3 garantiza una construcción y funcionamiento sencillos. El nodo de referencia proporciona un potencial de referencia de manera adecuada. Preferentemente, el terminal de entrada conectado a los conmutadores electrónicos está conectado al nodo de referencia. Esto permite un control sencillo de los conmutadores electrónicos.

10 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 4 garantiza una fiabilidad y eficiencia elevadas. Los elementos de conmutación electrónicos presentan una disposición espalda con espalda, de modo que los diodos inversos parásitos tienen direcciones de bloqueo opuestas. La disposición de los elementos de conmutación asegura por consiguiente que al menos uno de los diodos inversos se bloquee tanto cuando se aplica una tensión negativa como cuando se aplica una tensión positiva.

15 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 5 garantiza una fiabilidad y eficiencia elevadas. Los elementos de conmutación electrónicos presentan una disposición espalda con espalda, de modo que los diodos inversos parásitos tienen direcciones de bloqueo opuestas. La disposición de los elementos de conmutación asegura por consiguiente que al menos uno de los diodos inversos se bloquee tanto cuando se aplica una tensión negativa como cuando se aplica una tensión positiva.

20 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 6 garantiza una provisión simple y eficiente de una tensión de salida para recargar el acumulador de energía galvánica. El dispositivo convertidor funciona por consiguiente como un convertidor CA/CC.

25 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 7 garantiza un funcionamiento fiable y eficiente. Los picos de tensión en la tensión del equipo de obtención de energía aplicada en los terminales de entrada se aplanan mediante el condensador de filtro. El condensador de aplanamiento también simplifica la determinación de una impedancia de entrada.

30 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 8 garantiza un funcionamiento sencillo, fiable y eficiente cuando se aplica una tensión positiva a los terminales de entrada. El equipo de control comprende preferentemente una unidad de detección de polaridad, que detecta la presencia de una tensión positiva en los terminales de entrada y transmite una señal de polaridad correspondiente a una unidad de conmutación. La unidad de conmutación conmuta los elementos electrónicos de conmutación en correspondencia con la primera secuencia de conmutación. Una impedancia de entrada del convertidor se ajusta preferentemente por medio del ciclo de trabajo D (*duty cycle*). El ciclo de trabajo D denota la relación de la duración del primer estado de conmutación  $Z_{1p}$  con respecto a la duración total de los estados de conmutación  $Z_{1p}$  y  $Z_{2p}$ , es decir, con respecto a la duración de período  $T_s$ .

40 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 9 garantiza un funcionamiento sencillo, fiable y eficiente cuando se aplica una tensión negativa a los terminales de entrada. El equipo de control comprende preferentemente una unidad de detección de polaridad, que detecta la aplicación de una tensión negativa en los terminales de entrada y transmite una señal de polaridad correspondiente a una unidad de conmutación. La unidad de conmutación conmuta los elementos electrónicos de conmutación en correspondencia con la segunda secuencia de conmutación. Una impedancia de entrada del convertidor se ajusta preferentemente por medio del ciclo de trabajo D (*duty cycle*). El ciclo de trabajo D denota la relación de la duración del primer estado de conmutación  $Z_{1n}$  con respecto a la duración total de los estados de conmutación  $Z_{1n}$  y  $Z_{2n}$ , es decir, con respecto a la duración de período  $T_s$ .

50 Un dispositivo convertidor según la reivindicación 10 garantiza un funcionamiento sencillo y fiable independientemente de la polaridad de la tensión aplicada en los terminales de entrada del equipo de obtención de energía. El propio dispositivo convertidor utiliza la unidad de detección de polaridad para detectar si en los terminales de entrada se aplica exclusivamente una tensión positiva o exclusivamente una tensión negativa o alternativamente una tensión positiva y una tensión negativa. La unidad de detección de polaridad proporciona una señal de polaridad correspondiente, de modo que el primer conmutador electrónico y el segundo conmutador electrónico pueden conmutarse de forma sencilla y fiable en correspondencia con la tensión aplicada en ese momento. El equipo de control comprende preferentemente una unidad de conmutación, por medio de la cual se controlan el primer conmutador electrónico y el segundo conmutador electrónico en correspondencia con una primera secuencia de conmutación realizada en el equipo de control y una segunda secuencia de conmutación. La unidad de detección de polaridad comprende preferentemente un sensor de medición de tensión para medir la tensión aplicada en los terminales de entrada y un detector de paso por cero. La señal de polaridad es en particular una señal digital. La señal de polaridad es, por ejemplo, igual a uno para una tensión positiva e igual a cero para una tensión negativa.

La invención también se basa en el objetivo de crear un generador de energía simple, fiable y eficiente.

65 Este objetivo se consigue mediante un generador de energía con las características de la reivindicación 12. Las ventajas del generador de energía de acuerdo con la invención se corresponden con las ventajas ya descritas del

dispositivo convertidor. El dispositivo convertidor puede hacerse funcionar tanto mediante un equipo de obtención de energía que suministre una tensión de la misma polaridad como mediante un equipo de obtención de energía que suministre una tensión de polaridad alterna. En consecuencia, el equipo de obtención de energía se selecciona, por ejemplo, del grupo de cristales piezoeléctricos y generadores termoeléctricos. Preferentemente, un acumulador de energía galvánica está conectado a las conexiones de salida del dispositivo convertidor. El acumulador de energía galvánica está configurado para ser recargable.

Un uso del dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 11, en particular del generador de energía según la reivindicación 12, permite de manera sencilla una flexibilidad elevada y aplicabilidad universal. Por un lado, el dispositivo convertidor puede hacerse funcionar con un equipo de obtención de energía para proporcionar una tensión de la misma polaridad, de modo que el dispositivo convertidor funcione como un convertidor CC/CC. Por otro lado, el dispositivo convertidor puede funcionar con un equipo de obtención de energía para proporcionar una tensión de polaridad alterna, de modo que el dispositivo convertidor funcione como un convertidor CA/CC. El dispositivo convertidor se adapta automáticamente al equipo de obtención de energía conectado, de manera que el uso del dispositivo convertidor es simple y flexible.

Otras características, ventajas y detalles de la invención resultan de la siguiente descripción de varios ejemplos de realización. Muestran:

Figura 1 una representación esquemática de un generador de energía de acuerdo con un primer ejemplo de realización con un dispositivo convertidor y un equipo de obtención de energía conectado a este para proporcionar una tensión de polaridad alterna,

Figura 2 un perfil temporal de la tensión proporcionada por el equipo de obtención de energía y de los pulsos de conmutación generados por un equipo de control para controlar un convertidor del dispositivo convertidor

Figura 3 una representación esquemática de un primer estado de conmutación del dispositivo convertidor con una tensión positiva proporcionada del equipo de obtención de energía,

Figura 4 una representación esquemática de un segundo estado de conmutación del dispositivo convertidor con una tensión positiva proporcionada del equipo de obtención de energía,

Figura 5 una representación esquemática de un primer estado de conmutación del dispositivo convertidor con una tensión negativa proporcionada del equipo de obtención de energía,

Figura 6 una representación esquemática de un segundo estado de conmutación del dispositivo convertidor con una tensión negativa prevista del equipo de obtención de energía,

Figura 7 una representación esquemática de un primer estado de conmutación del dispositivo convertidor cuando se aplica una tensión exclusivamente positiva de un equipo de obtención de energía para proporcionar una tensión de polaridad constante de acuerdo con un segundo ejemplo de realización,

Figura 8 una representación esquemática de un segundo estado de conmutación del dispositivo convertidor de la figura 7.

A continuación con ayuda de las figuras 1 a 6 se describe un primer ejemplo de realización de la invención. El generador de energía 1 comprende un dispositivo convertidor 2 y un equipo de obtención de energía 3. El dispositivo convertidor 2 comprende un convertidor 4 y un equipo de control 5 asociado. El equipo de obtención de energía 3 está conectado a un primer terminal de entrada 6 y a un segundo terminal de entrada 7. El generador de energía 1 sirve para cargar un acumulador de energía 8 galvánica recargable. El acumulador de energía 8 galvánica está conectado a un primer terminal de salida 9 y a un segundo terminal de salida 10 del convertidor 4. El convertidor 4 también presenta un tercer terminal de salida 9', que no está conectado en el primer ejemplo de realización.

El equipo de obtención de energía 3 proporciona una tensión  $v_h$  que tiene una polaridad alterna (tensión CA). La tensión  $v_h$  a lo largo del tiempo  $t$  se muestra en la figura 2 a modo de ejemplo. La parte de la tensión  $v_h$  con polaridad positiva se denomina en lo sucesivo  $v_{hp}$  y la parte de la tensión con polaridad negativa se denomina  $v_{hn}$ .

El convertidor 4 para el aplanamiento de la tensión  $v_h$  presenta un condensador de filtro  $C_{in}$  que está conectado en paralelo a los terminales de entrada 6, 7 o al equipo de obtención de energía 3. El condensador de filtro  $C_{in}$  está conectado a un nodo  $K_1$  y con un nodo de referencia  $K_0$ . El nodo de referencia  $K_0$  define un potencial de referencia. El primer terminal de entrada 6 está conectado al nodo  $K_1$  y el segundo terminal de entrada 7 está conectado al nodo de referencia  $K_0$ .

El convertidor 4 comprende un primer circuito de carga 11 para cargar el acumulador de energía galvánica 8 cuando se aplica la tensión positiva  $v_{hp}$  y un segundo circuito de carga 12 para cargar el acumulador de energía galvánica 8 cuando se aplica una tensión negativa  $v_{hn}$ . Los circuitos de carga 11, 12 están conectados al nodo  $K_1$  y al nodo de

referencia  $K_0$  y se conectan entre sí en paralelo.

El primer circuito de carga 11 comprende un primer conmutador electrónico 13 y un primer acumulador de energía 14 eléctrica conectado en serie con él. El primer conmutador electrónico 13 está configurado como circuito en serie de un primer elemento de conmutación electrónico  $Q_{1p}$  y un segundo elemento de conmutación electrónico  $Q_{2p}$ . Los elementos de conmutación electrónicos  $Q_{1p}$  y  $Q_{2p}$  están configurados en cada caso como MOSFET de canal n de bloqueo automático. Un terminal de fuente  $S_{1p}$  del primer elemento de conmutación  $Q_{1p}$  está conectado al nodo de referencia  $K_0$ . Un terminal de drenaje  $D_{1p}$  del primer elemento de conmutación  $Q_{1p}$  está conectado a un terminal de drenaje  $D_{2p}$  del segundo elemento de conmutación  $Q_{2p}$ . Un terminal de fuente  $S_{2p}$  del segundo elemento de conmutación  $Q_{2p}$  está conectado a un nodo  $K_{2p}$  del primer circuito de carga 11.

Un primer diodo inverso parásito  $F_{1p}$  está configurado paralelo al primer elemento de conmutación  $Q_{1p}$ . El primer diodo inverso  $F_{1p}$  está configurado para el terminal fuente  $S_{1p}$  y el terminal de drenaje  $D_{1p}$  de tal modo que se bloquea un flujo de corriente en la dirección del terminal de fuente  $S_{1p}$ . Correspondientemente, en paralelo al segundo elemento de conmutación  $Q_{2p}$  está configurado un segundo diodo inverso parásito  $F_{2p}$ . El segundo diodo inverso  $F_{2p}$  está configurado para el terminal fuente  $S_{2p}$  y el terminal de drenaje  $D_{2p}$  de modo que se bloquea un flujo de corriente en la dirección del terminal de fuente  $S_{2p}$ . Los diodos inversos  $F_{1p}$  y  $F_{2p}$ , por lo tanto, tienen direcciones de bloqueo opuestas. La disposición espalda con espalda descrita de los elementos de conmutación  $Q_{1p}$  y  $Q_{2p}$  garantiza que tanto en caso de tensión positiva aplicada al primer conmutador electrónico 13 como en caso de tensión negativa, se bloquee al menos uno de los diodos inversos  $F_{1p}$  o  $F_{2p}$ . Esto evita corrientes parásitas y las pérdidas resultantes.

El primer acumulador de energía 14 comprende una primera bobina  $L_p$ , un primer condensador  $C_p$  y un primer elemento de bloqueo  $D_p$ . La primera bobina  $L_p$  está conectada al nodo  $K_1$  y el nodo  $K_{2p}$ . El primer condensador  $C_p$  está conectado al nodo  $K_1$  y a un nodo  $K_{3p}$ . El primer elemento de bloqueo  $D_p$  está dispuesto entre el nodo  $K_{2p}$  y el nodo  $K_{3p}$  de modo que se bloquea un flujo de corriente en la dirección del nodo  $K_{2p}$ . El primer elemento de bloqueo  $D_p$  está configurado como diodo. El primer terminal de salida 9 está conectado al nodo  $K_{3p}$ . El tercer terminal de salida 9' está conectado al nodo  $K_1$ .

El segundo circuito de carga 12 comprende un segundo conmutador electrónico 15 y un segundo acumulador de energía eléctrica 16 conectado en serie a él. El segundo conmutador electrónico 15 está configurado como un circuito en serie de un tercer elemento de conmutación electrónico  $Q_{1n}$  y un cuarto elemento de conmutación electrónico  $Q_{2n}$ . Los elementos de conmutación electrónicos  $Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$  están configurados en cada caso como MOSFET de canal n de bloqueo automático. Un terminal de fuente  $S_{1n}$  del tercer elemento de conmutación  $Q_{1n}$  está conectado al nodo de referencia  $K_0$ . Un terminal de drenaje  $D_{1n}$  del tercer elemento de conmutación  $Q_{1n}$  está conectado a un terminal de drenaje  $D_{2n}$  del cuarto elemento de conmutación  $Q_{2n}$ . Un terminal de fuente  $S_{2n}$  del cuarto elemento de conmutación  $Q_{2n}$  está conectado a un nodo  $K_{2n}$  del segundo circuito de carga 12.

Un tercer diodo inverso  $F_{1n}$  parásito está configurado paralelo al tercer elemento de conmutación  $Q_{1n}$ . El tercer diodo inverso  $F_{1n}$  está configurado para el terminal de fuente  $S_{1n}$  y el terminal de drenaje  $D_{1n}$  de tal modo que un flujo de corriente se bloquea en la dirección del terminal de fuente  $S_{1n}$ . Correspondientemente, paralelo al cuarto elemento de conmutación  $Q_{2n}$  está configurado un cuarto diodo inverso parásito  $F_{2n}$ . El cuarto diodo inverso  $F_{2n}$  está configurado para el terminal de fuente  $S_{2n}$  y el terminal de drenaje  $D_{2n}$  de tal modo que se bloquea un flujo de corriente en la dirección del terminal de fuente  $S_{2n}$ . Los diodos inversos  $F_{1n}$  y  $F_{2n}$ , por lo tanto, tienen direcciones de bloqueo opuestas. La disposición espalda con espalda descrita de los elementos de conmutación  $Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$  garantiza por consiguiente que, tanto en caso de una tensión positiva aplicada al segundo conmutador electrónico 15, como en caso de una tensión negativa, se bloquee al menos uno de los diodos inversos  $F_{1n}$  o  $F_{2n}$ . Esto evita corrientes parásitas y las pérdidas resultantes.

El segundo acumulador de energía 16 comprende una segunda bobina  $L_n$ , un segundo condensador  $C_n$  y un segundo elemento de bloqueo  $D_n$ . La segunda bobina  $L_n$  está conectado al nodo  $K_1$  y el nodo  $K_{2n}$ . El segundo condensador  $C_n$  está conectado al nodo  $K_1$  y un nodo  $K_{3n}$ . El segundo elemento de bloqueo  $D_n$  está dispuesto entre el nodo  $K_{2n}$  y el nodo  $K_{3n}$  de tal modo que se bloquea un flujo de corriente en la dirección del nodo  $K_{3n}$ . El segundo elemento de bloqueo  $D_n$  está configurado como diodo. El segundo terminal de salida 10 está conectado al nodo  $K_{3n}$ .

El equipo de control 5 sirve para controlar el primer conmutador electrónico 13 y el segundo conmutador electrónico 15 dependiendo de la polaridad de la tensión  $v_n$ , es decir, dependiendo de la tensión positiva  $v_{np}$  y la tensión negativa  $v_{nn}$ . El equipo de control 5 está conectado al potencial de referencia. El equipo de control 5 está configurado de tal manera que cuando se aplica la tensión positiva  $v_{np}$  se realiza una primera secuencia de conmutación con un primer estado de conmutación  $Z_{1p}$  y un segundo estado de conmutación  $Z_{2p}$  subsiguiente. Para la primera secuencia de conmutación se cumple:

	$Z_{1p}$	$Z_{2p}$
$Q_{1p}$	1	0
$Q_{2p}$	1	0
$Q_{1n}$	0	0
$Q_{2n}$	0	0

en donde 1 significa ENCENDIDO y 0 significa APAGADO. El estado de conmutación  $Z_{1p}$  se ilustra en la figura 3 y el estado de conmutación  $Z_{2p}$  se ilustra en la figura 4.

- 5 El equipo de control 5 está configurado de tal manera que cuando se aplica la tensión negativa  $v_{hn}$  se realiza una segunda secuencia de conmutación con un primer estado de conmutación  $Z_{1n}$  y un segundo estado de conmutación  $Z_{2n}$  subsiguiente. Para la segunda secuencia de conmutación se cumple:

	$Z_{1n}$	$Z_{2n}$
$Q_{1p}$	0	0
$Q_{2p}$	0	0
$Q_{1n}$	1	0
$Q_{2n}$	1	0

- 10 en donde 1 significa ENCENDIDO y 0 significa APAGADO. El estado de conmutación  $Z_{1n}$  se ilustra en la figura 5 y el estado de conmutación  $Z_{2n}$  se ilustra en la figura 6.

- La primera secuencia de conmutación y la segunda secuencia de conmutación se extienden en cada caso en una duración de período  $T_s$ . Para la duración de período  $T_s$  se cumple:  $T_s = 1/f_s$ , donde  $f_s$  designa una frecuencia de conmutación constante del equipo de control 5. El primer estado de conmutación  $Z_{1p}$  o  $Z_{1n}$  respectivo tiene el periodo  $D \cdot T_s$  y el segundo estado de conmutación  $Z_{2p}$  o  $Z_{2n}$  asociado en cada caso el periodo  $(1-D) \cdot T_s$ , donde  $D$  denota un ciclo de trabajo o factor de control de fase (*duty cycle*).

- 20 El equipo de control 5 comprende un sensor de medición de tensión 17 para medir la tensión  $v_h$  y un sensor de medición de corriente 18 para medir una corriente  $i_h$ . La corriente  $i_h$  fluye entre el equipo de obtención de energía 3 y el convertidor 4.

- 25 El equipo de control 5 comprende una unidad de detección de polaridad 19 que proporciona la tensión medida  $v_h$ . En la unidad de detección de polaridad 19 se detecta si la tensión  $v_h$  es positiva o negativa. Para ello, la unidad de detección de polaridad 19 está configurada, por ejemplo, como unidad de detección de paso por cero (*zero cross-detection*). La unidad de detección de polaridad 19 proporciona una señal de polaridad digital  $P$  correspondiente. La unidad de detección de polaridad 19 detecta por consiguiente la tensión positiva  $v_{hp}$  y la tensión negativa  $v_{hn}$ . La señal de polaridad  $P$  se alimenta a una unidad de conmutación 20 del equipo de control 5. La unidad de conmutación 20 genera tensiones de control  $g_{1p}$ ,  $g_{2p}$ ,  $g_{1n}$  y  $g_{2n}$  para controlar los elementos de conmutación  $Q_{1p}$ ,  $Q_{2p}$ ,  $Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$ . Las tensiones de control  $g_{1p}$ ,  $g_{2p}$ ,  $g_{1n}$  y  $g_{2n}$  se aplican en las terminales de puerta  $G_{1p}$ ,  $G_{2p}$ ,  $G_{1n}$  y  $G_{2n}$  de los elementos de conmutación  $Q_{1p}$ ,  $Q_{2p}$ ,  $Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$ .

- 35 El equipo de control 5 comprende un primer conversor analógico-digital 21, que convierte la tensión  $v_h$  medida en una tensión digital  $v_h'$ . Además, el equipo de control 5 presenta un segundo conversor analógico-digital 22 que convierte la corriente  $i_h$  medida en una corriente digital  $i_h'$ .

- 40 Para calcular una impedancia de entrada, el equipo de control 5 presenta una unidad de determinación de impedancia 23, que a partir de la tensión digital  $v_h'$  y la corriente digital  $i_h'$  determina una impedancia de entrada  $Z'$ . La impedancia de entrada  $Z'$  es un valor calculado o estimado para la impedancia de entrada  $Z$  aplicada del convertidor 4 y del acumulador de energía galvánica 8 conectado a este desde el punto de vista de los terminales de entrada 6, 7. El equipo de control 5 comprende un sustractor 24, que calcula una diferencia  $Z_{ref} - Z'$  a partir de una impedancia de entrada teórica  $Z_{ref}$  y la impedancia de entrada  $Z'$  determinada. La diferencia se alimenta a un regulador de impedancia 25, que proporciona un ciclo de trabajo teórico  $D_{ref}$ . El regulador de impedancia está configurado como controlador PID, por ejemplo. El ciclo de trabajo teórico  $D_{ref}$  se alimenta a la unidad de conmutación 20, que genera las tensiones de control  $g_{1p}$ ,  $g_{2p}$ ,  $g_{1n}$  y  $g_{2n}$  dependiendo de la señal de polaridad  $P$  y del ciclo de trabajo teórico  $D_{ref}$ . Para ello, la unidad de conmutación 20 está configurada, por ejemplo, como un modulador de ancho de pulso digital.

- 50 La unidad de conmutación 20, la unidad de detección de impedancia 23, el sustractor 24 y el regulador de impedancia 25 forman una unidad de regulación 26 que forma parte de un circuito de regulación de impedancia. La impedancia de entrada  $Z$  se ajusta mediante el circuito de regulación de impedancia de tal manera que se vuelve puramente óhmica y la tensión  $v_h$  y la corriente  $i_h$  están esencialmente en fase. La impedancia de entrada  $Z$  se ajusta utilizando el ciclo de trabajo  $D$ . En el modo de conducción discontinua (*discontinuous conduction mode*), se cumple lo siguiente para la impedancia de entrada:

$$55 \quad Z = \frac{2 \cdot f_s L}{D^2}$$

en donde  $L = L_p$  o  $L = L_n$ . La impedancia de entrada teórica  $Z_{ref}$  se determina empíricamente, en particular, en ensayos. La impedancia de entrada teórica  $Z_{ref}$  es, en particular, un valor de resistencia en el que se logra una alta eficiencia, preferentemente la máxima eficiencia en la obtención de energía.

La función del generador de energía 1 es la siguiente:

El equipo de obtención de energía 3 genera la tensión  $v_h$  y la corriente  $i_h$ . Por medio de la tensión medida  $v_h$  la unidad de detección de polaridad 19 detecta si la tensión positiva  $v_{hp}$  o la tensión negativa  $v_{hn}$  se aplica en los terminales de entrada 6, 7 y proporciona una señal de polaridad P correspondiente. Por ejemplo, la señal de polaridad P es uno cuando se aplica la tensión positiva  $v_{hp}$  y cero cuando se aplica la tensión negativa  $v_{hn}$ .

Si se aplica la tensión positiva  $v_{hp}$  el equipo de control 5 realiza la primera secuencia de conmutación. Inicialmente, en el primer estado de conmutación  $Z_{1p}$  los elementos de conmutación  $Q_{1p}$  y  $Q_{2p}$  se encienden de modo que la corriente  $i_h$  fluya a través de la primera bobina  $L_p$ . El primer elemento de bloqueo  $D_p$  impide un flujo de la corriente  $i_h$  a través del primer condensador  $C_p$ . En el primer estado de conmutación  $Z_{1p}$  los elementos de conmutación  $Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$  están abiertos. Esto se ilustra en la figura 3.

En el siguiente segundo estado de conmutación  $Z_{2p}$  por la primera bobina  $L_p$  se excita una corriente  $i_p$  a través del primer elemento de bloqueo  $D_p$  de modo que se carga el primer condensador  $C_p$ . En el primer condensador  $C_p$  se aplica la tensión  $v_{c,p}$ . Debido a la tensión  $v_{c,p}$ , fluye una corriente  $i_b$  que carga el acumulador de energía galvánica 8. En el segundo estado de conmutación  $Z_{2p}$  los elementos de conmutación  $Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$  siguen abiertos. Esto se ilustra en la figura 4.

Si se aplica la tensión negativa  $v_{hn}$  el equipo de control 5 realiza la segunda secuencia de conmutación. Inicialmente, en el primer estado de conmutación  $Z_{1n}$  los elementos de conmutación  $Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$  están encendidos de modo que la corriente  $i_h$  fluya a través de la segunda bobina  $L_n$ . El segundo elemento de bloqueo  $D_n$  impide un flujo de la corriente  $i_h$  a través del segundo condensador  $C_n$ . En el primer estado de conmutación  $Z_{1n}$  los elementos de conmutación  $Q_{1p}$  y  $Q_{2p}$  están abiertos. Esto se ilustra en la figura 5.

En el siguiente segundo estado de conmutación  $Z_{2n}$  por la segunda bobina  $L_n$  se excita una corriente  $i_n$  a través del segundo elemento de bloqueo  $D_n$  de modo que se carga el segundo condensador  $C_n$ . En el segundo condensador  $C_n$  se aplica la tensión  $v_{c,n}$ . Debido a la tensión  $v_{c,n}$  fluye una corriente  $i_b$ , que carga el acumulador de energía galvánica 8. En el segundo estado de conmutación  $Z_{2n}$  los elementos de conmutación  $Q_{1p}$  y  $Q_{2p}$  siguen abiertos. Esto se ilustra en la figura 6.

Por medio de las tensiones  $v_{cp}$  y  $v_{cn}$  se carga el acumulador de energía galvánica 8, que proporciona la tensión  $E_b$ .

La impedancia de entrada Z se regula en la primera secuencia de conmutación y en la segunda secuencia de conmutación. Para este propósito, la tensión digital  $v_h'$  y la corriente digital  $i_h'$  se calculan mediante la impedancia de entrada Z' se calcula por medio de la unidad de detección de impedancia 23. El sustractor 24 genera la diferencia entre la impedancia de entrada teórica  $Z_{ref}$  y la impedancia de entrada Z' determinada. Esta diferencia se alimenta al regulador de impedancia 25, que proporciona a la unidad de conmutación 20 el ciclo de trabajo teórico  $D_{ref}$  como variable de control. La unidad de conmutación 20 proporciona las señales de conmutación o las tensiones de control  $g_{1p}$ ,  $g_{2p}$ ,  $g_{1n}$  y  $g_{2n}$  en términos de tiempo de manera que el primer estado de conmutación  $Z_{1p}$  o  $Z_{1n}$  respectivo se ajusta con respecto a una duración  $T_s$  durante el periodo  $0 < T \leq D \cdot T_s$  y el segundo estado de conmutación  $Z_{2p}$  o  $Z_{2n}$  en cada caso se ajusta durante el periodo  $D \cdot T_s < T < (1 - D) \cdot T_s$ .

A continuación, mediante las figuras 7 y 8 se describe un segundo ejemplo de realización de la invención. En contraste con el primer ejemplo de realización, el generador de energía 1 presenta un equipo de obtención de energía 3 que proporciona exclusivamente una tensión positiva  $v_{hp}$ . El acumulador de energía 8 galvánica está conectado al primer terminal de salida 9 y al tercer terminal de salida 9 del convertidor 4. El segundo terminal de salida 10 no está conectado en el segundo ejemplo de realización. El equipo de control 5 realiza exclusivamente la primera secuencia de conmutación. El primer estado de conmutación  $Z_{1p}$  se ilustra en la figura 7 y el segundo estado de conmutación  $Z_{2p}$  se ilustra en la Figura 8. Por lo que respecta al resto de la construcción y al resto del modo de funcionamiento se remite al ejemplo de realización precedente.

El dispositivo convertidor 2 de acuerdo con la invención puede hacerse funcionar opcionalmente con un equipo de obtención de energía 3 que proporciona una tensión  $v_h$  con polaridad alterna o exclusivamente una tensión positiva  $v_{hp}$  o exclusivamente una tensión negativa  $v_{hn}$ . Si el equipo de obtención de energía 3 proporciona la tensión  $v_h$  con polaridad alterna, el dispositivo convertidor 2 funciona como un convertidor CA/CC. Esto se ilustra en las figuras 1 a 6. Por el contrario, si el equipo de obtención de energía 3 proporciona exclusivamente una tensión positiva  $v_{hp}$  o exclusivamente una tensión negativa  $v_{hn}$  el dispositivo convertidor 2 funciona como un convertidor CC/CC. Para la tensión positiva  $v_{hp}$  esto se ilustra en las figuras 7 y 8. Para la tensión negativa  $v_{hn}$  el dispositivo convertidor 2 funciona en correspondencia con las figuras 5 y 6. El dispositivo convertidor 2 de acuerdo con la invención se basa en un convertidor reductor-elevador. El dispositivo convertidor 2 puede funcionar tanto con tensión continua (tensión CC) como con una tensión alterna (tensión CA). El dispositivo convertidor 2 es adecuado para aparatos que funcionan con baterías que obtienen pequeñas cantidades de energía eléctrica usando un equipo de obtención de energía 3. Para optimizar la obtención de energía, el dispositivo convertidor 2 permite un ajuste de la impedancia de entrada Z de tal forma que sea puramente óhmica. La conversión CA/CC se realiza en un paso sin el uso de un rectificador de puente. Esto evita una caída de tensión y pérdidas de energía, por lo que el dispositivo convertidor 2 también es adecuado para tensiones  $v_h$  muy bajas del equipo de obtención de energía 3. El convertidor 4 presenta dos elementos de



conmutación electrónicos  $Q_{1p}$ ,  $Q_{2p}$  y  $Q_{1n}$ ,  $Q_{2n}$  por fase, de modo que es posible una conversión directa de una tensión CA en una tensión CC y solo se requiere una fase en la conversión de una tensión CC a una tensión CC. Para ajustar la impedancia de entrada  $Z$ , el dispositivo convertidor 2 se hace funcionar en el modo de conducción discontinua, de modo que el convertidor 4 aparece ante el equipo de obtención de energía 3 como una resistencia puramente óhmica. El condensador de filtro  $C_{in}$  simplifica la determinación de la impedancia de entrada  $Z$ .

Dado que los terminales de fuente  $S_{1p}$  y  $S_{1n}$  tienen el mismo potencial de referencia, para los elementos de conmutación  $Q_{1p}$  y  $Q_{1n}$  puede utilizarse en cada caso un controlador de puerta de lado bajo simple (*Low-Side-Gate-Driver*). Para los elementos de conmutación  $Q_{2p}$  y  $Q_{2n}$  en cada caso se utiliza un controlador de puerta flotante. La medición de tensión, la medición de corriente y la detección de polaridad son fáciles dado que el sensor de medición de tensión 17, el sensor de medición de corriente 18 y la unidad de detección de polaridad 19 usan el mismo potencial de referencia. El dispositivo convertidor 2 puede hacerse funcionar, por ejemplo, junto con un dispositivo de almacenamiento de energía galvánica 8 que permite una tensión de 3,7 V, 7,4 V o 12 V. Por lo tanto, el dispositivo convertidor 2 puede emplearse para aparatos electrónicos portátiles, así como para vehículos.

## REIVINDICACIONES

## 1. Dispositivo convertidor para obtener energía, que comprende

5 - un convertidor (4) con

-- un primer terminal de entrada (6) y un segundo terminal de entrada (7) para la conexión a un equipo de obtención de energía (3),

10 -- un primer terminal de salida (9) y un segundo terminal de salida (10) para la conexión a un acumulador de energía galvánica (8),

-- un primer circuito de carga (11) para cargar el acumulador de energía galvánica (8) con una tensión positiva ( $v_{hp}$ ) del equipo de obtención de energía (3) aplicada en los terminales de entrada (6, 7) con

15 --- un primer conmutador electrónico (13), en donde el primer conmutador electrónico (13) comprende un circuito en serie de un primer elemento de conmutación electrónico ( $Q_{1p}$ ) y un segundo elemento de conmutación electrónico ( $Q_{2p}$ ), y

- un primer acumulador de energía eléctrica (14),

20 en donde el primer acumulador de energía (14) comprende una primera bobina ( $L_p$ ), un primer condensador ( $C_p$ ) y un primer elemento de bloqueo ( $D_p$ ),

en donde el primer acumulador de energía eléctrica (14) está conectado en serie al primer conmutador electrónico (13),

25 -- un segundo circuito de carga (12) para cargar el acumulador de energía galvánica (8) con una tensión negativa ( $v_{hn}$ ) del equipo de obtención de energía (3) aplicada en los terminales de entrada (6, 7),

**caracterizado**

**por que** el segundo circuito de carga (12) comprende

30 - un segundo conmutador electrónico (15), en donde el segundo conmutador electrónico (15) comprende un circuito en serie de un tercer elemento de conmutación electrónico ( $Q_{1n}$ ) y un cuarto elemento de conmutación electrónico ( $Q_{2n}$ ), y

- un segundo acumulador de energía eléctrica (16), en donde el segundo acumulador de energía (16) comprende una segunda bobina ( $L_n$ ), un segundo condensador ( $C_n$ ) y un segundo elemento de bloqueo ( $D_n$ ),

35 en donde el segundo acumulador de energía eléctrica (16) está conectado en serie al segundo conmutador electrónico (15),

**por que** el primer circuito de carga (11) y el segundo circuito de carga (12) están conectados en paralelo entre sí, **por que** el dispositivo convertidor (2) comprende un equipo de control (5) para controlar el primer conmutador electrónico (13) y el segundo conmutador electrónico (15) dependiendo de una polaridad de la tensión ( $v_h$ ) del equipo de obtención de energía (3) aplicada en los terminales de entrada (6, 7),

40 **por que** el equipo de control (5) comprende un regulador de impedancia (25) para ajustar una impedancia de entrada ( $Z$ ), que está configurado dependiendo de

una impedancia de entrada determinada ( $Z'$ ) y una impedancia de entrada teórica ( $Z_{ref}$ ) para cambiar el control de los conmutadores electrónicos (13, 15), y **por que** el equipo de control (5) comprende un sensor de medición de tensión (17) y un sensor de medición de corriente (18), en donde el sensor de medición de tensión está configurado

45 para medir la tensión ( $v_h$ ) aplicada en los terminales de entrada (6, 7), en donde el sensor de medición de corriente (18) está configurado para medir una corriente ( $i_h$ ) que fluye desde el equipo de obtención de energía (3) hacia el convertidor (4), y en donde el equipo de control (5) está configurado para determinar la impedancia de entrada a

partir de la tensión medida y la corriente medida.

50 2. Dispositivo convertidor según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el primer acumulador de energía (14) está conectado al primer terminal de salida (9) y el segundo acumulador de energía (16) está conectado al segundo terminal de salida (10).

3. Dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado**

55 **por que** uno de los terminales de entrada (7) está conectado a un nodo de referencia ( $K_0$ ).

4. Dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado**

**por que** un primer diodo inverso ( $F_{1p}$ ) configurado en paralelo al primer elemento de conmutación electrónico ( $Q_{1p}$ ) y un segundo diodo inverso ( $F_{2p}$ ) configurado en paralelo al segundo elemento de conmutación electrónico ( $Q_{2p}$ ) tienen direcciones de bloqueo opuestas.

60

5. Dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado**

**por que** un tercer diodo inverso ( $F_{1n}$ ) configurado en paralelo al tercer elemento de conmutación electrónico ( $Q_{1n}$ ) y un cuarto diodo inverso ( $F_{2n}$ ) configurado en paralelo al cuarto elemento de conmutación electrónico ( $Q_{2n}$ ) tienen direcciones de bloqueo opuestas.

65

6. Dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el primer condensador ( $C_p$ ) y el segundo condensador ( $C_n$ ) están conectados cada uno de ellos a uno de los terminales de salida (9, 10).

5 7. Dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** paralelo a los terminales de entrada (6, 7) está conectado un condensador de filtro ( $C_{en}$ ).

8. Dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado**

10 **por que** el equipo de control (5) comprende una primera secuencia de conmutación cuando se aplica una tensión positiva ( $v_{hp}$ ) en los terminales de entrada (6, 7), en donde para la primera secuencia de conmutación se cumple:

	$Z_{1p}$	$Z_{2p}$
$Q_{1p}$	1	0
$Q_{2p}$	1	0
$Q_{1n}$	0	0
$Q_{2n}$	0	0

en donde

15  $Q_{1p}$  y  $Q_{2p}$  designan dos elementos de conmutación electrónicos conectados en serie del primer conmutador electrónico (13),

$Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$  designan dos elementos de conmutación electrónicos conectados en serie del segundo conmutador electrónico (15),

20  $Z_{1p}$  y  $Z_{2p}$  designan dos estados de conmutación consecutivos de la primera secuencia de conmutación, y 1 significa ENCENDIDO y 0 significa APAGADO.

9. Dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado**

25 **por que** el equipo de control (5) comprende una segunda secuencia de conmutación cuando se aplica una tensión negativa ( $v_{hn}$ ) en los terminales de entrada (6, 7), en donde para la segunda secuencia de conmutación se cumple:

	$Z_{1n}$	$Z_{2n}$
$Q_{1p}$	0	0
$Q_{2p}$	0	0
$Q_{1n}$	1	0
$Q_{2n}$	1	0

en donde

30  $Q_{1p}$  y  $Q_{2p}$  designan dos elementos de conmutación electrónicos conectados en serie del primer conmutador electrónico (13),

$Q_{1n}$  y  $Q_{2n}$  designan dos elementos de conmutación electrónicos conectados en serie del segundo conmutador electrónico (15),

35  $Z_{1n}$  y  $Z_{2n}$  designan dos estados de conmutación consecutivos de la segunda secuencia de conmutación, y 1 significa ENCENDIDO y 0 significa APAGADO.

10. Dispositivo convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado**

**por que** el equipo de control (5) comprende una unidad de detección de polaridad (19) para detectar una tensión positiva ( $v_{hp}$ ) y una tensión negativa ( $v_{hn}$ ) del equipo de obtención de energía (3).

40 11. Generador de energía con

un dispositivo convertidor (2) según una de las reivindicaciones 1 a 10 y un equipo de obtención de energía (3) conectado a los terminales de entrada (6, 7) para proporcionar una tensión ( $V_h$ ).

45 12. Uso de un dispositivo convertidor (2) según una de las reivindicaciones 1 a 10, opcionalmente con un equipo de obtención de energía (3) para proporcionar una tensión ( $v_{hp}$ ,  $v_{hn}$ ) de la misma polaridad o una tensión ( $v_n$ ) de polaridad alterna.

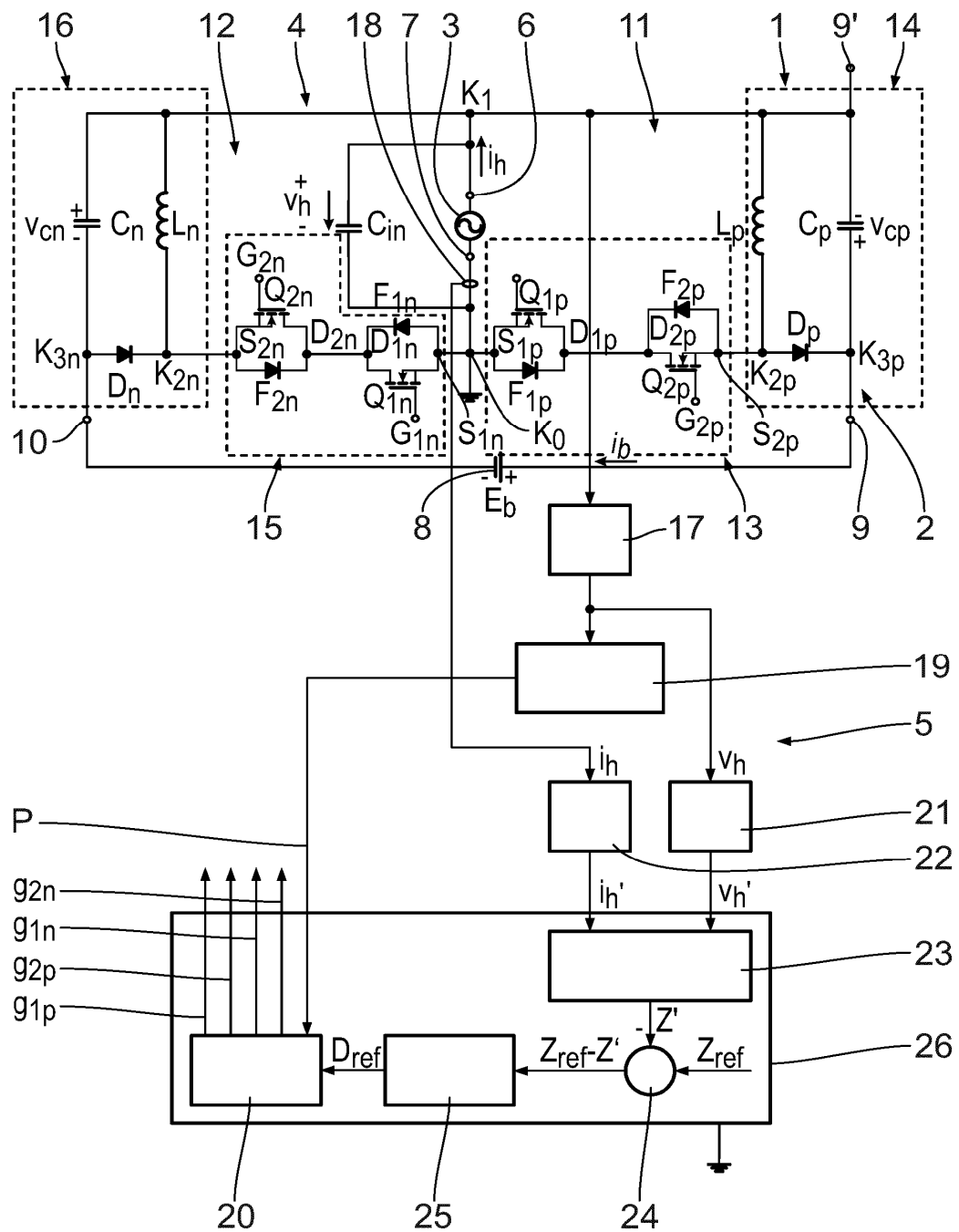


Fig. 1

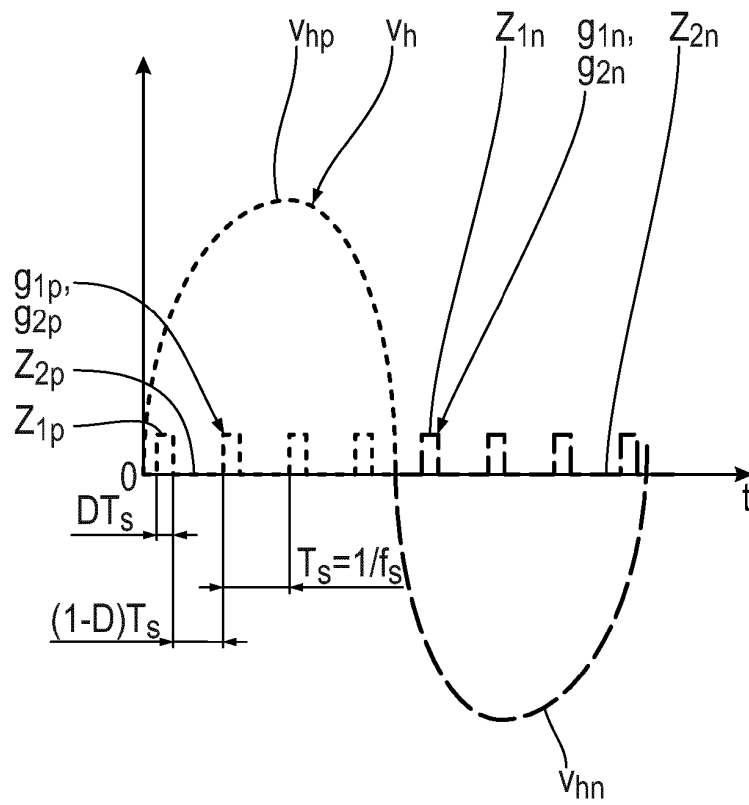


Fig. 2

$$Z_{1p}: 0 < t < D \cdot T_s$$

$Z_{1n}: 0 < t < D \cdot T_s$

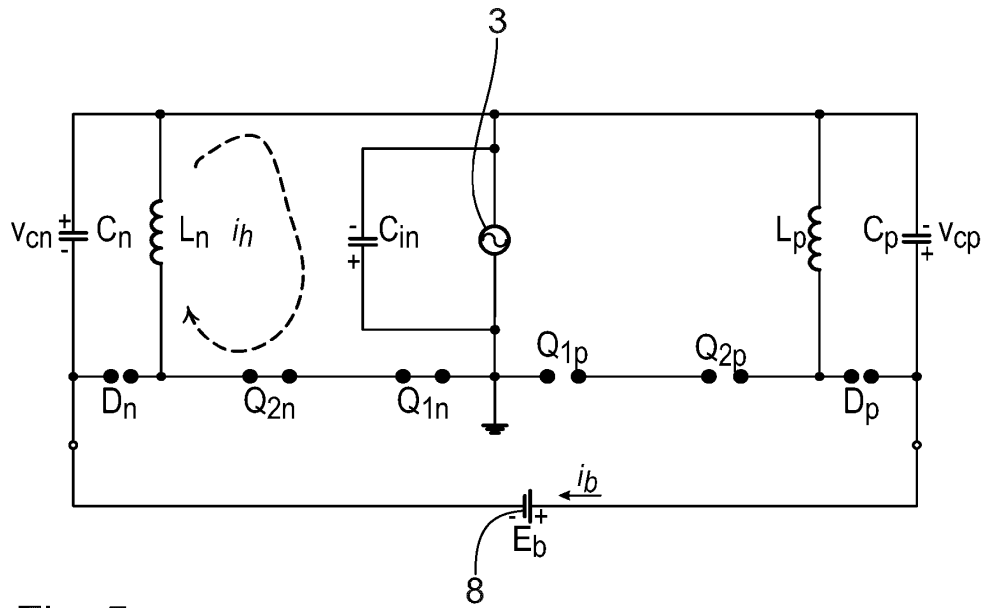


Fig. 5

$Z_{2n}: D \cdot T_s < t < (1 - D) \cdot T_s$

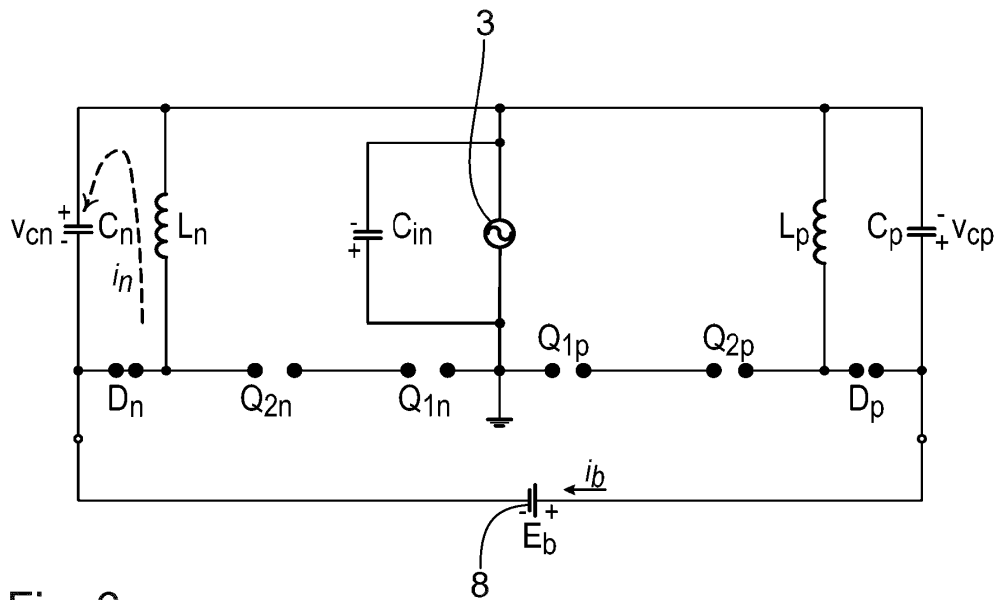


Fig. 6

$$Z_{1p}: 0 < t < D \cdot T_s$$