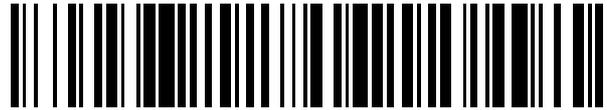


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 411 466**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/15** (2006.01)

**H02M 3/158** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2008 E 08803412 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2013 EP 2193597**

54 Título: **Convertidor de corriente continua multicanal que funciona independientemente de la potencia de salida en el modo de conducción límite**

30 Prioridad:

**31.08.2007 DE 102007041510**

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

**05.07.2013**

73 Titular/es:

**KOSTAL INDUSTRIE ELEKTRIK GMBH (100.0%)  
AN DER BELLMEREI 10  
58513 LÜDENSCHIED, DE**

72 Inventor/es:

**BARTLING, RALF**

74 Agente/Representante:

**SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro**

**ES 2 411 466 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**

Convertidor de corriente continua multicanal que funciona independientemente de la potencia de salida en el modo de conducción límite

5 La invención se refiere a un convertidor de corriente continua multicanal, con varios canales de corriente paralelos que se controlan con un desfase temporal entre ellos mediante un microcontrolador, en el que los canales de corriente presentan en cada caso al menos dos conmutadores semiconductores, mediante los cuales pueden operarse por el microcontrolador o bien como convertidores elevadores o bien como convertidores reductores.

10 Un convertidor de corriente continua de este tipo se describe en la publicación "BLAISE DESTRAZ ET AL: "High Efficient Interleaved Multi-channel dc/dc Converter Dedicated to Mobile Applications" THE 2006 IEEE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE FORTY-FIRST IAS ANNUAL MEETING, CONFERENCE RECORD OF, IEEE, PI, 1 de octubre de 2006 (01-10-2006), páginas 2518-2523, XP031026372 ISBN: 978-1-4244-0364-6".

15 Por la solicitud de patente alemana DE 10 2004 011 801 A1 se conoce un convertidor de corriente continua con cuatro canales de corriente paralelos, que está descrito como un mero convertidor elevador. Para controlar este convertidor de corriente continua son necesarios temporizadores externos.

20 Además también se conocen convertidores de corriente continua bidireccionales. El circuito básico de un convertidor de corriente continua de este tipo se representa en la figura 2.

25 Se planteó el objetivo de lograr un convertidor de corriente continua que tuviese una construcción sencilla y económica, que pudiese utilizarse de la forma más versátil y eficiente posible y que suministrase una corriente de salida lo más plana posible.

30 Este objetivo se soluciona según la invención porque al menos un canal de corriente presenta un dispositivo para detectar el paso por cero de la corriente, porque el microcontrolador detecta la duración del periodo de los pasos por cero de la corriente en este canal de corriente, porque el microcontrolador, en virtud de la duración del periodo detectada, opera todos los canales de corriente en el modo de conducción límite, y porque el microcontrolador activa los canales de corriente con un desfase temporal, estando dado el desfase temporal por la duración del periodo ( $T_{\text{periodo}}$ ) detectada dividida entre el número de canales de corriente.

35 En el dibujo se representa esquemáticamente un ejemplo de realización de la invención y a continuación se explicará en más detalle mediante el dibujo.

Muestran:

40 la figura 1, el circuito básico de un convertidor de corriente continua bidireccional de varios canales según la invención,

la figura 2, el circuito básico de un convertidor de corriente continua bidireccional según el estado de la técnica,

45 las figuras 3 a 5, diagramas de recorrido de la corriente de un convertidor elevador,

las figuras 6 a 8, diagramas de recorrido de la corriente de un convertidor reductor,

la figura 9, un ejemplo de utilización de un convertidor de corriente continua bidireccional,

50 la figura 10, un circuito de regulación según el estado de la técnica,

la figura 11, el circuito básico de un convertidor de corriente continua bidireccional operable en el modo de conducción límite,

55 la figura 12, un diagrama de recorrido de la corriente del circuito según la figura 11 en funcionamiento como convertidor elevador,

la figura 13, un circuito de regulación para el circuito según la figura 11,

60 la figura 14, un diagrama de recorrido de la corriente de un convertidor de corriente continua de varios canales en funcionamiento como convertidor elevador,

la figura 15, otro diagrama de recorrido de la corriente del circuito según la figura 11 como convertidor reductor,

65 la figura 16, una sección de un circuito de regulación,

la figura 17, una representación simplificada de la sección del circuito de regulación según la figura 16,

la figura 18, un diagrama de recorrido de la corriente de un convertidor de corriente continua de varios canales en funcionamiento como convertidor reductor.

5 La figura 2 muestra el circuito básico representado esquemáticamente de un convertidor de corriente continua bidireccional, con el que se explicará su modo de funcionamiento principal. El convertidor de corriente continua consiste esencialmente en una primera y una segunda fuente de tensión ( $U_1$ ,  $U_2$ ), una bobina de acumulación  $L_1$ , así como en dos conmutadores semiconductores ( $T_1$ ,  $T_2$ ) que preferiblemente pueden estar configurados como IGBT (transistor bipolar de puerta aislada). En paralelo a las conexiones de carga de los conmutadores semiconductores ( $T_1$ ,  $T_2$ ) está conectado en cada caso un diodo de libre circulación ( $D_1$ ,  $D_2$ ).

15 Los conmutadores semiconductores ( $T_1$ ,  $T_2$ ) están conectados con los otros componentes de tal modo que en el caso de un primer conmutador semiconductor  $T_1$  en estado de conducción las conexiones de la bobina de acumulación  $L_1$  están unidas a través del primer conmutador semiconductor  $T_1$  con la primera fuente de tensión  $U_1$ , y en el caso de un segundo conmutador semiconductor  $T_2$  en estado de conducción la bobina de acumulación  $L_1$  está conectada en serie a la vez con el segundo conmutador semiconductor  $T_2$  y las dos fuentes de tensión ( $U_1$ ,  $U_2$ ).

20 El principio de funcionamiento de un convertidor de corriente continua de este tipo consiste en que mediante la conducción de uno de los conmutadores semiconductores ( $T_1$  o  $T_2$ ) la bobina de acumulación  $L_1$  recibe corriente que en consecuencia genera un campo magnético. La energía almacenada en este campo magnético causa, después de la desconexión de uno de los conmutadores semiconductores ( $T_1$  o  $T_2$ ), una corriente de inducción (corriente de salida  $i_2$  o  $i_1$ ) que fluye en cada caso a través del diodo de libre circulación ( $D_2$  o  $D_1$ ) que pertenece al otro conmutador semiconductor ( $T_2$  o  $T_1$ ), y de una de las fuentes de tensión ( $U_2$ ,  $U_1$ ).

25 Para el funcionamiento continuo es necesario un sistema de temporización de uno de los conmutadores semiconductores ( $T_1$  o  $T_2$ ), por ejemplo mediante un control PWM (PWM = modulación por ancho de pulsos) que puede estar realizado mediante un dispositivo de control central y de manera particularmente ventajosa mediante un microcontrolador. Sin restricción de la generalidad, este dispositivo de control se designará a continuación como microcontrolador. Para simplificar se ha prescindido en las figuras de una representación del microcontrolador.

30 En principio se distinguen dos tipos de funcionamiento del convertidor de corriente continua, concretamente el funcionamiento como convertidor elevador y el funcionamiento como convertidor reductor.

### 35 **Funcionamiento como convertidor elevador (figuras 3 a 5)**

40 En el funcionamiento como convertidor elevador, la energía fluye desde la primera fuente de tensión  $U_1$  hacia la segunda fuente de tensión  $U_2$ . Para ello se activa el conmutador semiconductor  $T_1$  con una señal PWM adecuada. El conmutador semiconductor  $T_2$  no está activo en este estado de funcionamiento y por lo tanto no tiene corriente. Para que pueda funcionar el circuito, la tensión  $u_2$  de la segunda fuente de tensión  $U_2$  debe ser mayor que la tensión  $u_1$  de la primera fuente de tensión  $U_1$ .

45 Durante el funcionamiento de un convertidor de corriente continua hay definidos en principio tres estados de funcionamiento distintos. Estos estados de funcionamiento se determinan por el recorrido de la corriente  $i_{L1}$  en la bobina de acumulación  $L_1$ . Para los tres estados de funcionamiento se representan en las figuras 3 a 5 los recorridos de corriente y de tensión típicos. En este sentido  $u_{T1}$  indica la tensión de activación del primer conmutador semiconductor  $T_1$  e  $i_{T1}$ ,  $i_{D2}$  e  $i_{L1}$  las corrientes que fluyen a través del primer conmutador semiconductor  $T_1$ , del diodo  $D_1$  correspondiente y de la bobina de acumulación  $L_1$ .

50 Los tres estados de funcionamiento posibles del convertidor elevador son:

- funcionamiento continuo, es decir la corriente  $i_{L1}$  en la bobina de acumulación  $L_1$  no presenta ninguna posición nula (figura 3),
- 55 • funcionamiento discontinuo, es decir aparecen intervalos de tiempo, en los que la bobina de acumulación  $L_1$  no tiene corriente (figura 4),
- funcionamiento en el modo de conducción límite (*transition mode*, modo de transición). En este caso, mediante una activación adecuada del conmutador semiconductor  $T_1$ , se mantiene la corriente  $i_{L1}$  en la bobina de acumulación  $L_1$  en el modo de conducción límite, es decir justo entre el funcionamiento continuo y el discontinuo (figura 5).

### 60 **Funcionamiento continuo como convertidor elevador (figura 3)**

La corriente  $i_{L1}$  en la bobina de acumulación  $L_1$  no tiene en este caso posiciones nulas. Durante la fase de conducción del conmutador semiconductor  $T_1$  la corriente  $i_{L1}$  depende de la siguiente ecuación diferencial:

$$u_{L_1} = L \frac{di_{L_1}}{dt}$$

Cuando el diodo D2 conduce se cumple:

$$u_1 - u_2 = L \frac{di_{L_1}}{dt}$$

5

Dado que  $u_2$  es mayor que  $u_1$ , el cociente diferencial se hace negativo y la corriente baja en esta fase. Así, en general el recorrido de la corriente depende del tiempo de conducción del conmutador semiconductor T1, de las tensiones  $u_1$  y  $u_2$  y la inductancia L de la bobina de acumulación L1.

10

#### **Funcionamiento discontinuo como convertidor elevador (figura 4)**

En este caso la corriente  $i_{L_1}$  a través de la bobina de acumulación L1 presenta posiciones nulas. Este estado de funcionamiento se denomina con frecuencia también “de circulación discontinua”.

15

#### **Funcionamiento del convertidor elevador en el modo de conducción límite (modo de transición) (figura 5)**

En la figura 5 está representado el funcionamiento del convertidor elevador en el modo de conducción límite que también se designa como modo de transición (*transition mode*). La ventaja de este estado de funcionamiento es que el conmutador semiconductor T1 todavía en el estado sin corriente conduce de nuevo y así las pérdidas por conmutación son mínimas. Además el diodo de libre circulación D1 puede estar realizado como diodo de silicio rápido “normal”. Con frecuencia en los convertidores elevadores de rectificadores solares se encuentran diodos de carburo de silicio, ya que las denominadas corrientes de recuperación inversa del diodo determinan de forma masiva las pérdidas en el conmutador semiconductor T1. Además se aprovecha de manera óptima la bobina de acumulación L1, es decir no existen intervalos de tiempo en los que la bobina de acumulación L1 esté sin corriente y no transmita energía.

25

En el caso de convertidores de corriente continua que funcionan con una frecuencia de conmutación constante, el estado de carga en cada caso determina cuál de los tres estados de funcionamiento mencionados anteriormente se produce.

30

#### **Funcionamiento como convertidor reductor (figuras 6 a 8)**

En el funcionamiento como convertidor reductor la energía fluye en el circuito según la figura 2 desde la fuente de tensión U2 hacia U1. Para ello se activa el conmutador semiconductor T2 con una tensión de activación  $u_{T_2}$  modulada por ancho de pulsos adecuada. El conmutador semiconductor T1 no está activo y por lo tanto no tiene corriente. Para que pueda funcionar el circuito,  $u_2$  debe ser igualmente en este caso mayor que  $u_1$ .

35

De manera análoga a los estados de funcionamiento del convertidor elevador las figuras 6 a 8 aclaran los tres estados de funcionamiento posibles en funcionamiento como convertidor reductor. De nuevo se han indicado los recorridos de corriente característicos  $i_{T_2}$ ,  $i_{D_1}$  e  $i_{L_1}$  frente al recorrido de la tensión de activación  $U_{T_2}$  del segundo conmutador semiconductor T2.

40

Se representan los siguientes estados de funcionamiento:

45

- funcionamiento continuo (figura 6),
- funcionamiento discontinuo (figura 7),
- funcionamiento en el modo de conducción límite (modo de transición; figura 8).

50

Con ello están descritos todos los posibles estados de funcionamiento del circuito representado en la figura 2. Un convertidor bidireccional de este tipo puede utilizarse por ejemplo en la tecnología solar para la gestión de batería de un rectificador de isla. El esquema de bloques de la figura 9 aclara la utilización de un convertidor bidireccional.

55

La instalación solar representada en la figura 9 se alimenta por un generador solar 1. Éste está conectado a través de un convertidor elevador 2 en funcionamiento unidireccional al circuito intermedio de tensión continua 3. Entonces la energía del generador solar 1 puede alimentarse desde un rectificador 4 con tres fases (P1, P2, P3) del lado de la salida a la red eléctrica pública.

En momentos en los que el generador solar 1 suministra más potencia que la necesaria para la alimentación a la red eléctrica, puede recargarse una batería acumuladora 5 a través del convertidor de corriente continua 6 bidireccional. La condición para esto es que la tensión  $u_z$  en el circuito intermedio de tensión continua 3 sea mayor que la tensión  $u_B$  de la batería acumuladora 5. El convertidor de corriente continua 6 funciona en este caso como convertidor reductor y el sentido de flujo de la energía es desde el circuito intermedio de tensión continua 3 hacia la batería acumuladora 5.

Si se demanda más potencia eléctrica por la red eléctrica de lo que en ese momento puede suministrarse por el generador solar 1, la batería acumuladora 5, siempre que se haya cargado suficientemente con anterioridad, puede alimentar adicionalmente energía al circuito intermedio de tensión continua 3. El convertidor de corriente continua 6 bidireccional funciona entonces como convertidor elevador, es decir también en este caso la tensión  $u_z$  en el circuito intermedio de tensión continua 3 deber ser mayor que la tensión de batería  $u_B$ . El sentido de flujo de la energía es ahora desde la batería acumuladora 5 hacia el circuito intermedio de tensión continua 3.

En los convertidores de corriente continua bidireccionales que se utilizan hoy en día a menudo, para la activación del conmutador semiconductor, se utiliza una modulación por ancho de pulsos con frecuencia fija. Esto lleva a que según el estado de carga el circuito pueda funcionar en el estado de funcionamiento discontinuo o continuo o en el estado de funcionamiento en el modo de conducción límite y cambiar de uno a otro entre estos estados de funcionamiento.

Respecto a la tecnología de regulación se prevé habitualmente para un convertidor de corriente continua de este tipo un circuito de regulación de corriente subordinado. Esto se realiza o bien en hardware, por ejemplo con un control IC, o bien con ayuda de un microcontrolador. En rectificadores fotovoltaicos se utilizan casi exclusivamente sistemas regulados digitalmente, de modo que para la regulación de corriente debe detectarse el valor real de corriente y procesarse en tiempo real.

El esquema de conexiones sustitutivo respecto a la tecnología de regulación de una disposición de este tipo está representado en la figura 10. La regulación está realizada como regulación en cascada. Existe un circuito de regulación interno "más rápido" (valor teórico de corriente  $i_{\text{teór.}}$ , regulador I, regulador integral 1/L, valor real de corriente  $i_{\text{real}}$ ; marcado en línea discontinua) y un circuito de regulación externo (valor teórico de tensión  $u_{\text{teór.}}$ , regulador U, regulador integral 1/C, valor real de tensión  $u_{\text{real}}$ ) para la regulación de tensión.

Un regulador de este tipo presenta varias desventajas:

- Debe detectarse y procesarse en tiempo real el valor real de corriente  $i_{\text{real}}$ .
- Según el estado de funcionamiento del circuito (continuo, discontinuo o modo de transición) varían las características del camino de regulación de corriente, de modo que en algunas circunstancias debe efectuarse una adaptación en el regulador I.
- Dado que la inductancia L de la bobina de acumulación determina de forma decisiva el comportamiento del circuito de regulación de corriente, su valor no puede quedar por debajo de un determinado límite inferior.
- Cuando el circuito se encuentra en el estado de funcionamiento continuo, las pérdidas en el conmutador semiconductor activo aumentan considerablemente, porque entonces el conmutador semiconductor conecta un diodo de libre circulación en conducción. La carga de recuperación inversa del diodo de libre circulación influye de forma masiva en las pérdidas de conmutación del conmutador semiconductor.
- Para reducir las denominadas pérdidas de recuperación inversa a menudo se utilizan diodos de carburo de silicio en vez de los diodos de silicio habituales. Dichos diodos son extremadamente caros, difíciles de conseguir y no muy robustos.
- Debido al funcionamiento de conmutación "duro" de la etapa final de potencia, a menudo se elige la frecuencia de conmutación tan baja como sea posible. Esto lleva a un aumento del volumen constructivo de la bobina de acumulación.

Descripción de un convertidor de modo de transición bidireccional

La figura 11 muestra esquemáticamente un convertidor de corriente continua bidireccional que siempre puede funcionar en el modo de conducción límite. Para ello se aplica sobre la bobina de acumulación L1 un devanado W adicional que sólo necesita tener unas pocas espiras y a través del cual puede detectarse el paso por cero de la corriente en la bobina de acumulación L1. El instante del paso por cero de la corriente se reconoce por ejemplo por un microcontrolador no representado que entonces inmediatamente activa de nuevo uno de los conmutadores

semiconductores (T1 o T2). Así, según el estado de carga se produce una frecuencia de conmutación variable de la etapa final de potencia; cuanto mayor sea la potencia de salida, menor será la frecuencia de conmutación.

5 Si se designa el tiempo en la fase de imantación con "t\_con." y el tiempo en la desimantación con "t\_des.", entonces pueden plantearse las siguientes ecuaciones teniendo en cuenta relaciones lineales:

$$i_{L1\_m\acute{a}x.} = \frac{u_1 \cdot t\_con.}{L} \qquad i_{L1\_m\acute{a}x.} = \frac{(u_2 - u_1) \cdot t\_des.}{L}$$

10 Por la figura 12 es evidente que el valor promedio  $i_{L1\_prom.}$  de la corriente  $i_{L1}$  corresponde exactamente a la mitad del valor de corriente máximo  $i_{L1\_m\acute{a}x.}$ . Por tanto, predeterminando el tiempo de conducción t\_con., puede trasladarse la corriente  $i_{L1\_prom.}$  directamente y sin retraso.

15 Con ello para el funcionamiento como convertidor elevador resulta el esquema de conexiones sustitutivo respecto a la tecnología de regulación según la figura 13. En este caso ya no es necesario un circuito de regulación de corriente subordinado, porque mediante el reconocimiento del paso por cero de la corriente el convertidor de corriente continua siempre funciona en modo de transición, es decir permanentemente justo en el modo de conducción límite, y por tanto t\_con. es proporcional a  $i_{L1\_prom.}$ . El correspondiente estado de carga se tiene en cuenta en el circuito de regulación mediante la magnitud de influencia corriente de carga i\_carga.

20 Sin embargo, en el funcionamiento en el modo de conducción límite es desventajosa la gran ondulación de la corriente de la bobina de acumulación  $i_{L1}$  y con ello también en la corriente de salida  $i_1$  o  $i_2$ . Para reducir esto está previsto un convertidor de corriente continua que presenta varios canales de corriente (I, II) paralelos. La figura 1 muestra un convertidor de corriente continua de este tipo con dos canales de corriente.

25 Para configurar el convertidor de corriente continua también pueden estar previstos por supuesto más de dos canales de corriente (I, II) paralelos, lo que pese al gran esfuerzo constructivo puede ser ventajoso, ya que con cada canal de corriente adicional se reduce la ondulación de la corriente de la bobina de acumulación  $i_{L1}$ .

30 El primer canal de corriente I está formado por la bobina de acumulación L1, los conmutadores semiconductores T1 y T2 y los diodos D1 y D2; el segundo canal de corriente II de manera correspondiente por la bobina de acumulación L2, los conmutadores semiconductores T3 y T4, así como por los diodos D3 y D4.

35 Ambos canales de corriente (I, II) se temporizan con la misma tasa de temporización, pero en cada caso con un desfase temporal. El microcontrolador previsto para temporizar los conmutadores semiconductores (T1, T3 o T2, T4) puede activar a este respecto de manera ventajosa los conmutadores semiconductores (T1, T3 o T2, T4) que van a temporizarse en cada caso de todos los canales de corriente (I, II).

40 La bobina de acumulación L2 en el segundo canal de corriente II, conectado en paralelo al primer canal de corriente I, no presenta en este caso ninguna instancia para reconocer un paso por cero de la corriente. El canal de corriente II se controla en función del paso por cero de la corriente detectado en el primer canal de corriente I y por tanto puede designarse como "canal esclavo", mientras que el primer canal de corriente I, cuya bobina de acumulación L1 presenta un devanado W para detectar el paso por cero de la corriente, se designa a continuación como "canal maestro".

45 La ondulación en la corriente de salida  $i_1$  o  $i_2$  se hace mínima cuando el desplazamiento de fase entre el canal maestro I y el canal esclavo II, o dado el caso también los canales esclavos adicionales, asciende a  $360^\circ/n$  (n = número de canales de corriente). El microcontrolador determina ahora, a partir de los pasos por cero de la corriente detectados, la duración del periodo del canal maestro I, para determinar a partir de esta información el momento de encendido para el canal esclavo II y dado el caso también para los canales esclavos adicionales.

50 En la figura 14 están representados los recorridos de corriente para un convertidor de corriente continua de dos canales según la figura 1 que funciona como convertidor elevador. El diagrama de arriba muestra el recorrido de la corriente  $i_{L1}$  a través de la bobina de acumulación L1 en el canal maestro I; el diagrama de en medio muestra el recorrido de la corriente a través de la bobina de acumulación L2 en el canal esclavo II. El microcontrolador determina en tiempo real la distancia temporal de los pasos por cero de la corriente  $T_{periodo}$  del canal maestro I, para entonces calcular a partir de ello el momento de encendido del canal esclavo II. Dado que con el canal maestro I y el canal esclavo II están realizados en este caso en total dos canales de corriente (n = 2), el desfase temporal en la activación de los conmutadores semiconductores (T1, T3) del canal esclavo II asciende a  $1/n = 1/2$  duración del periodo  $T_{periodo}/2$  frente a la activación del canal maestro I.

La figura 14 muestra que la corriente de salida  $i_1$  resultante, representada en este caso invertida como  $-i_1$ , presenta una ondulación considerablemente más pequeña que los recorridos de corriente ( $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$ ) en cada uno de los canales de corriente (I, II) individuales. En una realización práctica es ventajoso prever varios canales esclavos en vez de sólo un canal esclavo II, ya que a través de esto puede conseguirse una corriente de salida todavía mucho más plana.

Además del funcionamiento como convertidor elevador descrito anteriormente, el convertidor de corriente continua también puede funcionar como convertidor reductor, lo que es particularmente interesante para rectificadores fotovoltaicos con amortiguadores de batería.

Para el funcionamiento como convertidor reductor se cumplen condiciones muy similares a las del funcionamiento como convertidor elevador. Del recorrido de la corriente  $i_{L1}$  esbozado en la figura 15 se encuentran las condiciones:

$$i_{L1\_m\acute{a}x.} = \frac{u_1 \cdot t\_des.}{L} \qquad i_{L1\_m\acute{a}x.} = \frac{(u_2 - u_1) \cdot t\_con.}{L}$$

En el funcionamiento como convertidor reductor el tiempo de desconexión  $t\_des.$  es proporcional a la corriente máxima  $i_{L1\_m\acute{a}x.}$  o a la corriente promedio  $i_{L1\_prom.}$  a través de la bobina de acumulación L1. Pero dado que el microcontrolador sólo puede desplazar el tiempo de conducción  $t\_con.$  directamente, debe recurrirse a una condición adicional para poder realizar una regulación. De las dos últimas ecuaciones mencionadas puede derivarse la siguiente relación:

$$t\_con. = t\_des. \frac{u_1}{u_2 - u_1}$$

Al detectar el microcontrolador también las tensiones  $u_1$  y  $u_2$ , puede calcular el tiempo de conducción  $t\_con.$  necesario, que entonces lleva al  $t\_des.$  deseado. Como se deduce de la figura 15, de la suma de  $t\_con.$  y  $t\_des.$  resulta exactamente el tiempo entre dos pasos por cero de la corriente, que se detecta por el microcontrolador. Mientras el circuito funcione en el modo de conducción límite es posible un ajuste directo de  $i_{L1\_prom.}$  sin retraso.

Así, de nuevo puede realizarse un circuito de regulación que está esbozado en la figura 16. Si se utiliza el funcionamiento como convertidor reductor para cargar una batería acumuladora, entonces por regla general no es necesario ningún circuito regulador de tensión superpuesto. El valor teórico de la corriente de carga  $i\_te\acute{o}r.$  puede determinarse directamente por el microcontrolador. Los dos términos proporcionales ( $L1/U1$ ,  $U1/(U2-U1)$ ) en la figura 16 pueden entonces resumirse aún en un único término proporcional  $L1/(U2- U1)$ , por medio de lo cual se obtiene el circuito de regulación representado en la figura 17.

Así mediante la utilización del convertidor de modo de transición puede desplazarse la corriente sin un circuito de regulación de corriente subordinado, directamente y sin retraso.

La figura 18 muestra un esbozo de los recorridos de corriente ( $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$ ) en los canales de corriente (I, II) y a la salida del convertidor de corriente continua en el funcionamiento como convertidor reductor. Estos recorridos de corriente ( $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$ ) se corresponden exactamente a los recorridos de corriente invertidos para el funcionamiento como convertidor elevador, como son evidentes de la figura 14. De forma correspondiente se obtiene también en el funcionamiento como convertidor reductor, mediante un control desplazado en el tiempo de los canales de corriente (I, II), una corriente de salida ( $-i_1$ ) particularmente plana.

**Números de referencia**

- 1 generador solar
- 2 convertidor elevador
- 3 circuito intermedio de tensión continua
- 4 rectificador
- 5 batería acumuladora

## ES 2 411 466 T3

	6	convertidor de corriente continua
	D1 - D4	diodos (de libre circulación)
5	I	primer canal de corriente (canal maestro)
	II	segundo canal de corriente (canal esclavo)
10	L	inductancia (de la bobina de acumulación)
	L1, L2	bobina de acumulación
	T1 - T4	conmutador semiconductor
15	U1, U2	tensiones (fuentes de tensión)
	P1, P2, P3	fases
20	UZ	tensión en el circuito intermedio de tensión continua
	UB	tensión de la batería acumuladora
	W	devanado
25	$i_1, i_2$	corriente de salida
	$i_{T1}, i_{T2}, i_{D1}...$	corriente (a través del componente indicado en subíndice en cada caso)
30	$i_{L1\_prom.}$	corriente de salida promedio
	$i\_real$	valor real de corriente
	$i\_carga$	corriente de carga
35	$i\_teór.$	valor teórico de corriente
	$t\_con.$	tiempo de conducción
40	$t\_des.$	tiempo de desconexión
	$T_{periodo}$	duración del periodo (distancia temporal de los pasos por cero de la corriente)
45	$T_{periodo}/2$	desfase temporal
	$u\_real$	valor real de tensión (tensión de salida)
	$u\_teór.$	valor teórico de tensión
50	$u_1, u_2$	tensiones (de las fuentes de tensión U1 y U2)
	$u_B$	tensión de batería
	$u_{T1}, u_{T2}$	tensión de activación (de los conmutadores semiconductores)
55	$u_z$	tensión en el circuito intermedio de tensión continua
	1/C, 1/L	reguladores integrales
60	$L1/U1, U1/(U2-U1) L1/(U2-U1)$	términos proporcionales

REIVINDICACIONES

- 5 1. Convertidor de corriente continua multicanal, con varios canales de corriente (I, II) paralelos que se controlan con un desfase temporal entre ellos mediante un microcontrolador, en el que cada uno de los canales de corriente presentan en cada caso al menos dos conmutadores semiconductores (T1, T2; T3, T4), mediante los cuales pueden ser operados por el microcontrolador o bien como convertidores elevadores o bien como convertidores reductores, **caracterizado**

10 **porque** al menos un canal de corriente (I) presenta un dispositivo para detectar el paso por cero de la corriente, **porque** el microcontrolador detecta la duración del periodo ( $T_{\text{periodo}}$ ) de los pasos por cero de la corriente en este canal de corriente (I), **porque** el microcontrolador, en virtud de la duración del periodo ( $T_{\text{periodo}}$ ) detectada, opera todos los canales de corriente (I, II) en el modo de conducción límite, y

15 **porque** el microcontrolador activa los canales de corriente (I, II) con un desfase temporal ( $T_{\text{periodo}}/2$ ), estando dado el desfase temporal ( $T_{\text{periodo}}/2$ ) por la duración del periodo ( $T_{\text{periodo}}$ ) detectada dividida entre el número de canales de corriente.
- 20 2. Convertidor de corriente continua según la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada canal de corriente (I, II) presenta al menos una bobina de acumulación (L1, L2) y la bobina de acumulación (L1) de al menos un canal de corriente (I) presenta un devanado adicional (W), cuya señal de salida evalúa el microcontrolador para detectar el paso por cero de la corriente.
- 25 3. Convertidor de corriente continua según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el convertidor de corriente continua es un componente de un circuito de carga/descarga para una batería acumuladora (5) de una instalación fotovoltaica.
- 30 4. Convertidor de corriente continua según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el microcontrolador controla el convertidor de corriente continua como convertidor reductor para cargar la batería acumuladora (5) y como convertidor elevador para descargar la batería acumuladora (5).
- 35 5. Convertidor de corriente continua según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el tiempo de conducción ( $t_{\text{con.}}$ ) para uno de los conmutadores semiconductores (T1, T2, T3, T4) de cada canal de corriente (I, II) causa una corriente de salida ( $i_1, i_2$ ) del convertidor de corriente continua proporcional al tiempo de conducción ( $t_{\text{con.}}$ ).
- 40 6. Convertidor de corriente continua según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el tiempo de conducción ( $t_{\text{on}}$ ), en funcionamiento como convertidor elevador, se regula mediante un circuito regulador de tensión superpuesto (U-Regulador, 1/C) para la tensión de salida ( $u_{\text{real}}$ ) del convertidor de corriente continua.
- 45 7. Convertidor de corriente continua según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el tiempo de conducción ( $t_{\text{con.}}$ ), en funcionamiento como convertidor reductor, es directamente proporcional a la corriente de salida promedio ( $i_{L1\_prom.}$ ) e inversamente proporcional a la diferencia entre la tensión de salida/de entrada ( $U_2 - U_1$ ).
8. Convertidor de corriente continua según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** un microcontrolador controla los conmutadores semiconductores (T1, T2, T3, T4) de todos los canales de corriente (I, II).

Fig. 1

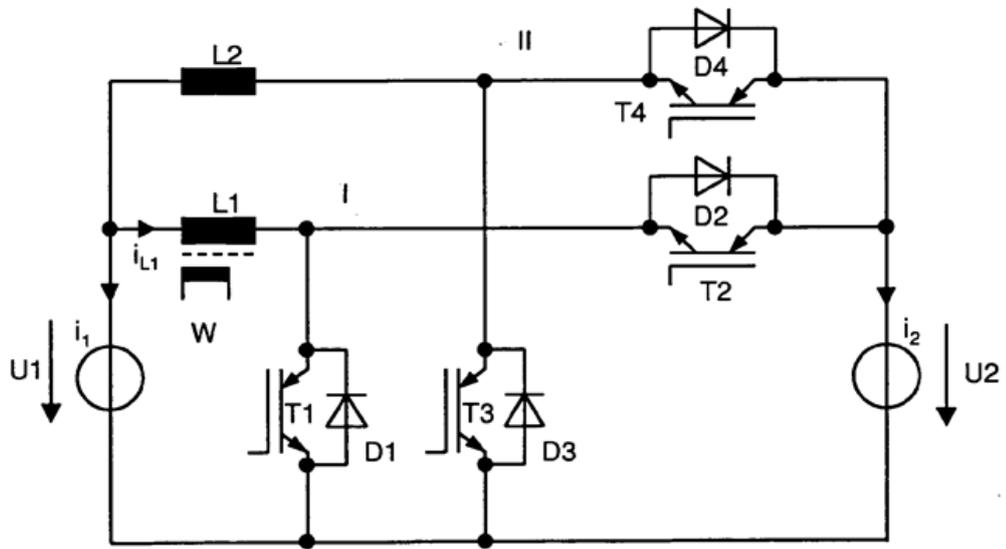


Fig. 2 Estado de la técnica

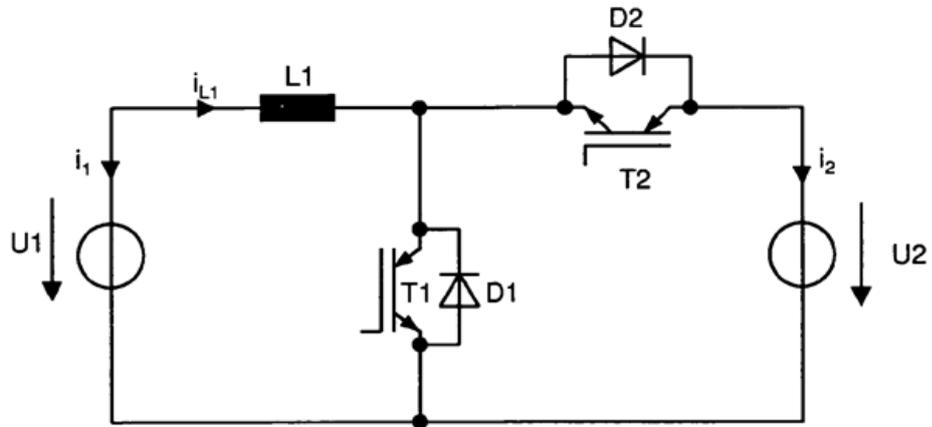


Fig. 3

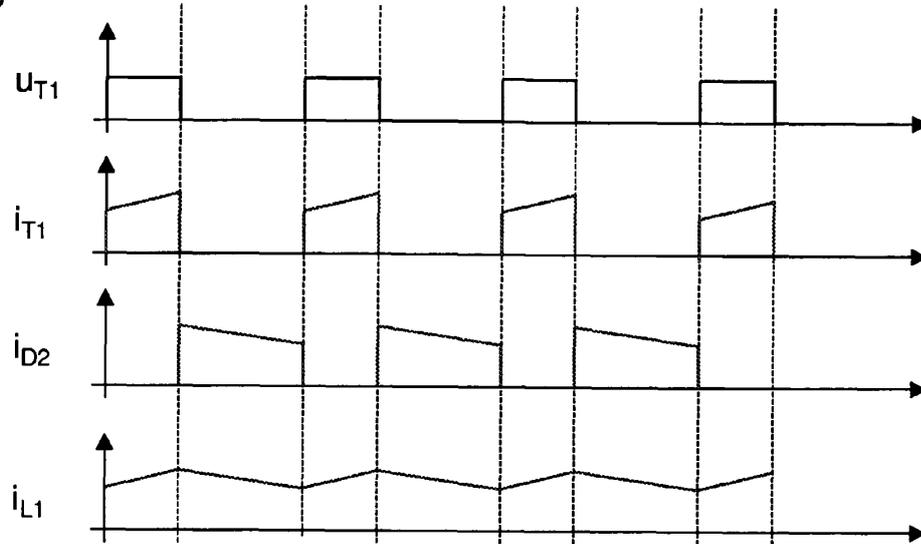


Fig. 4

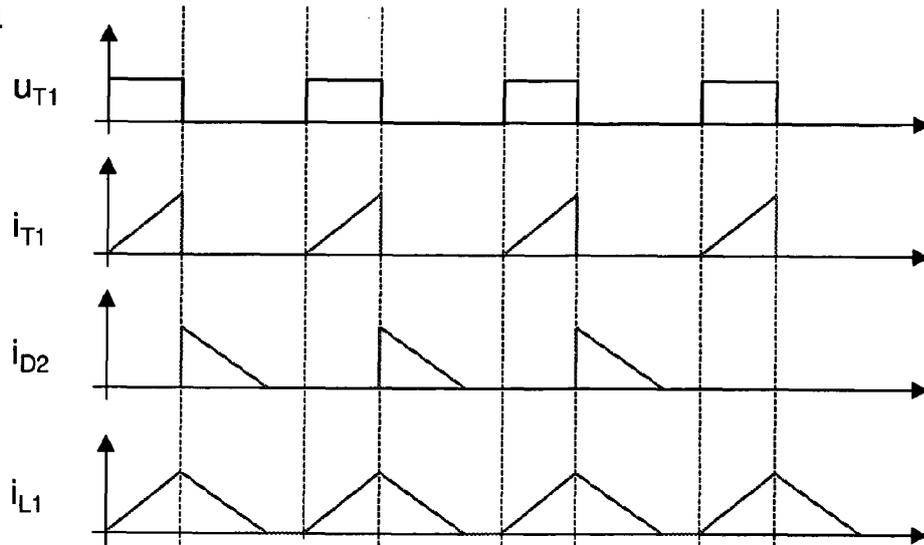


Fig. 5

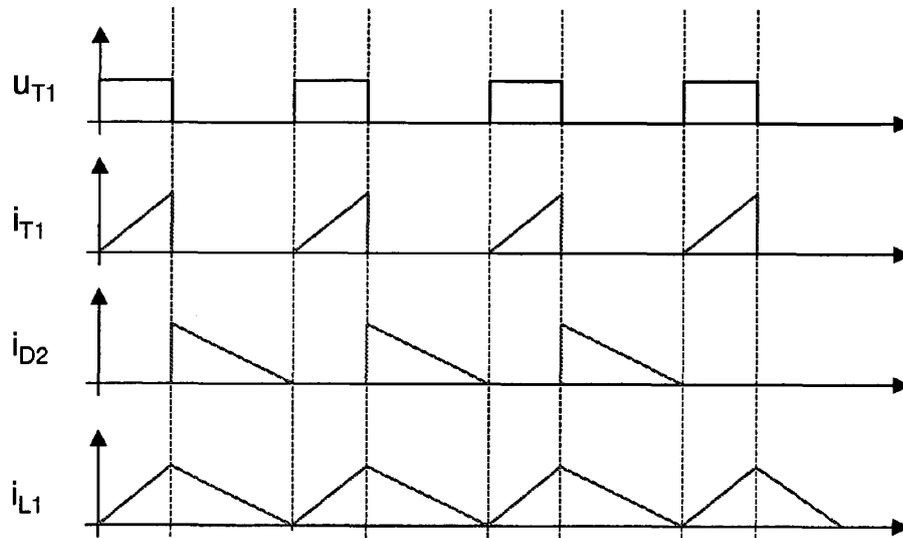


Fig. 6

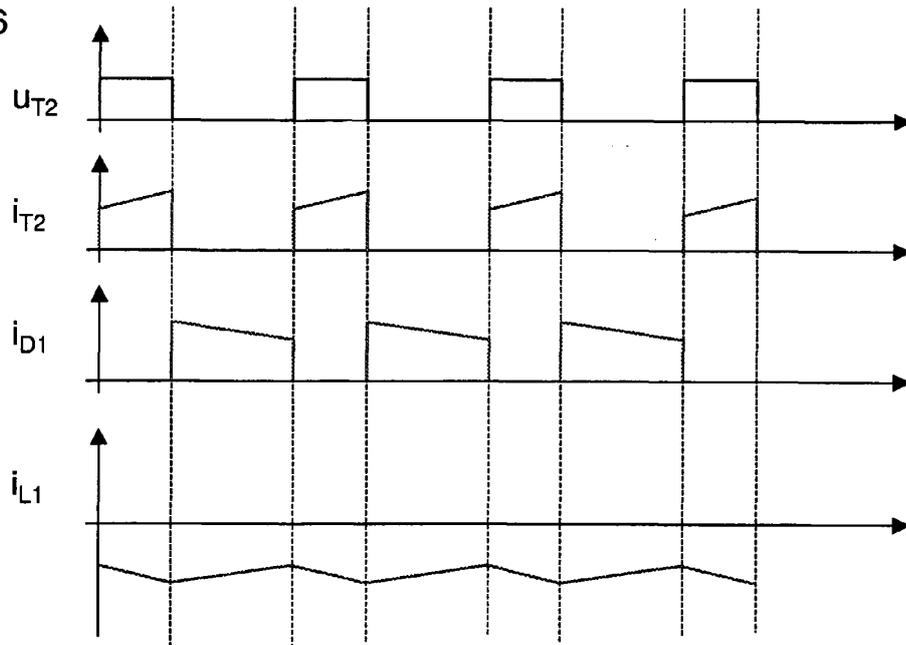


Fig. 7

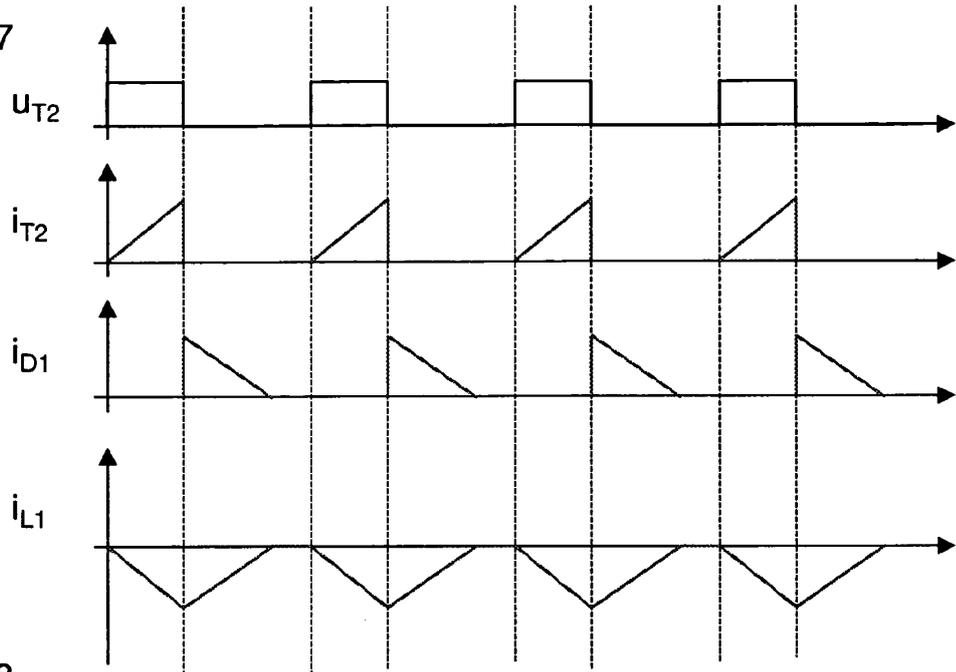


Fig. 8

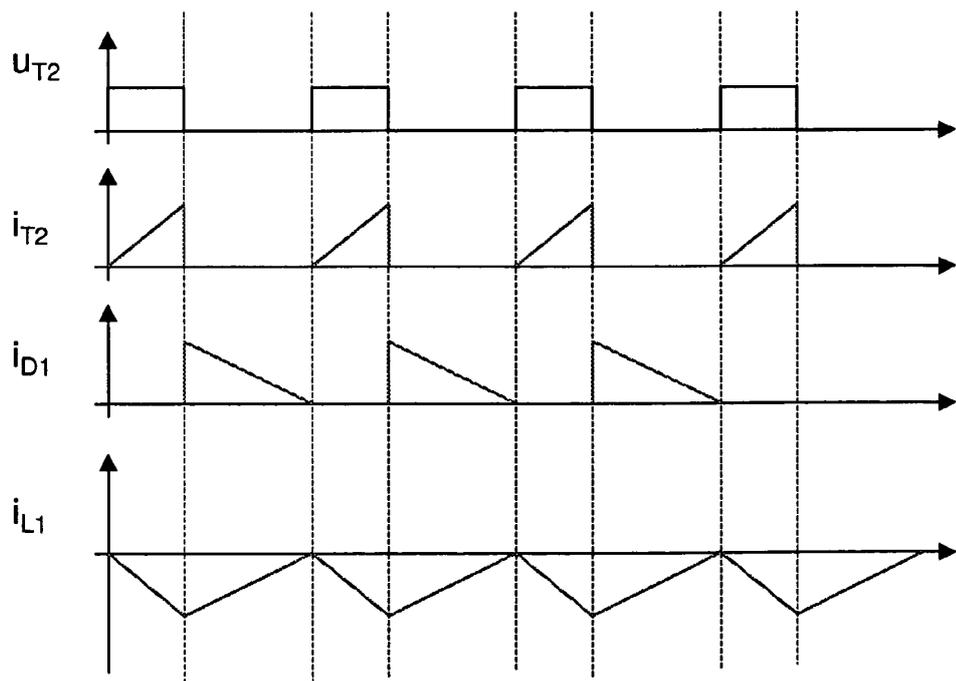


Fig. 9

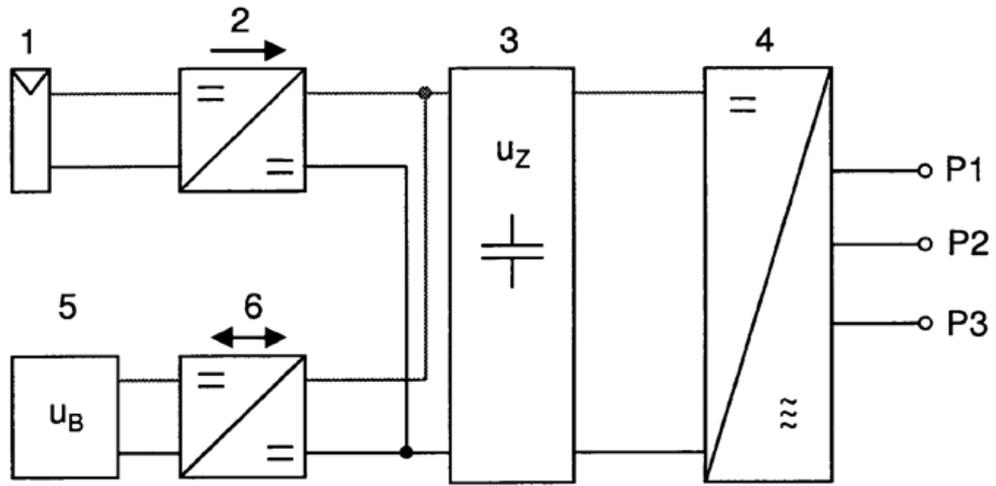


Fig. 10 Estado de la técnica

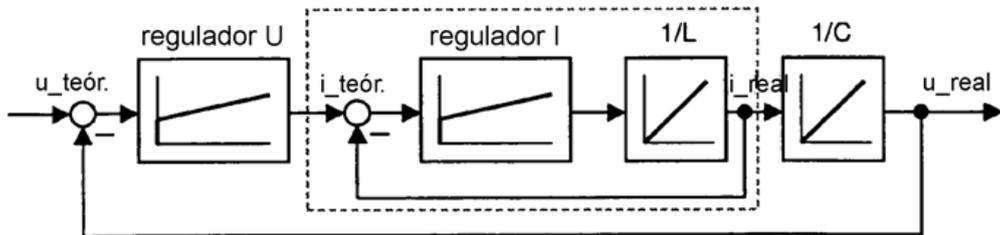


Fig. 11

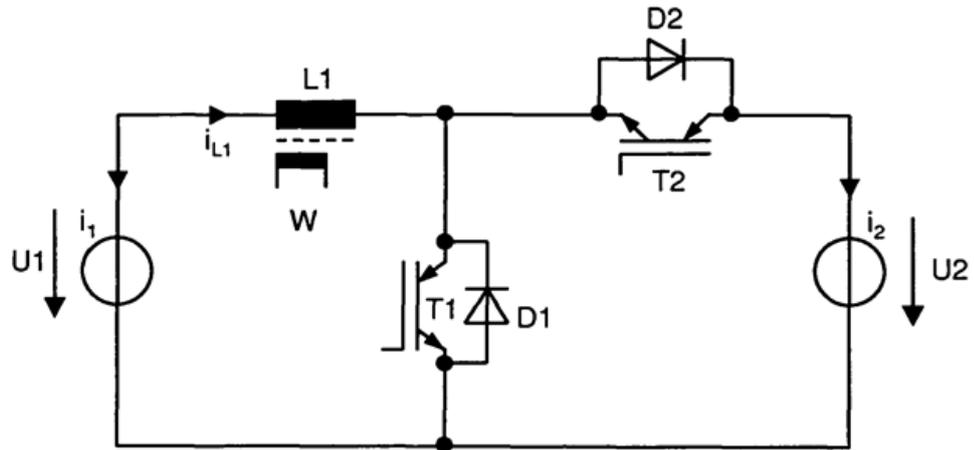


Fig. 12

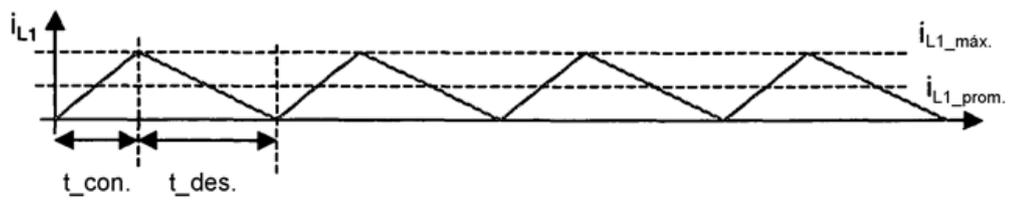


Fig. 13

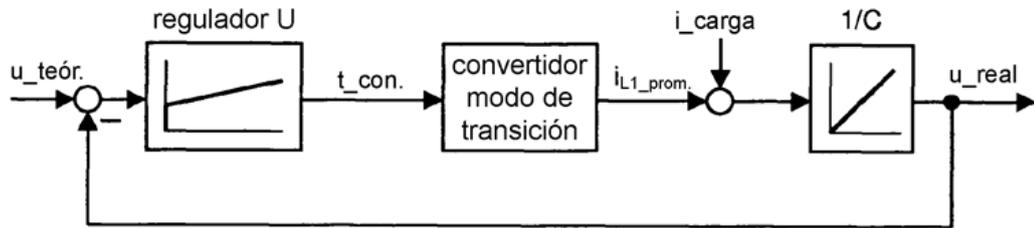


Fig. 14

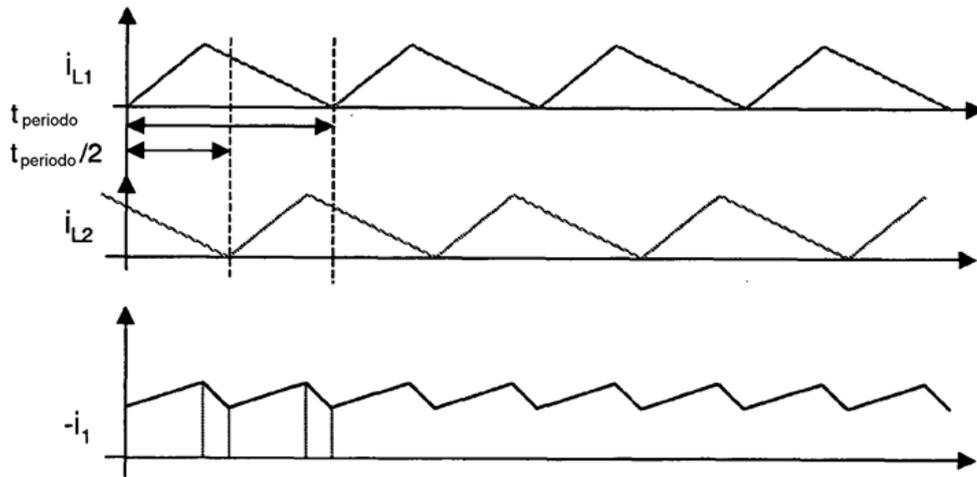


Fig. 15

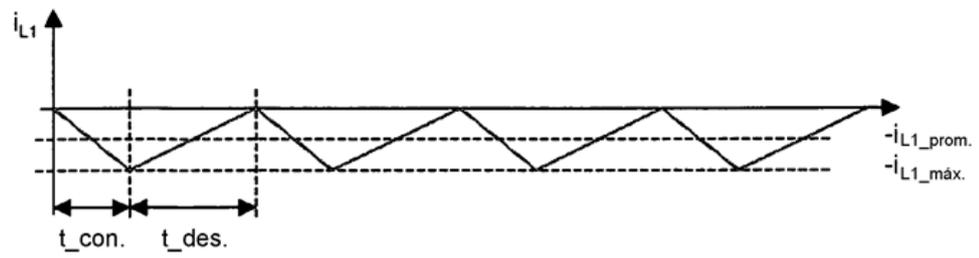


Fig. 16

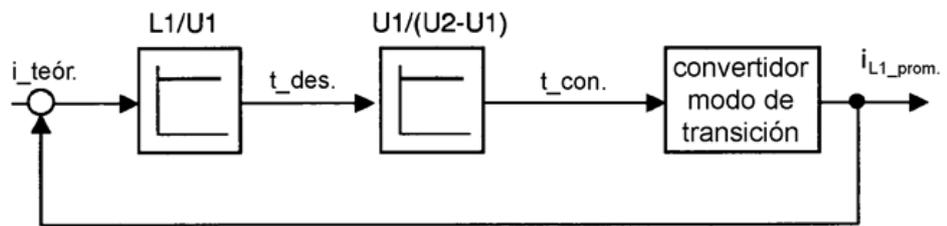


Fig. 17

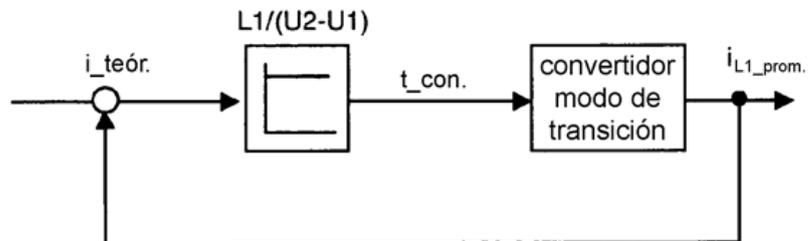


Fig. 18

