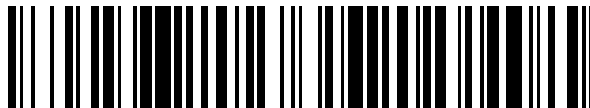


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 672**

51 Int. Cl.:

H02M 1/42 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.07.2014 PCT/GB2014/052124**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15008039**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2014 E 14742299 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 3022837**

54 Título: **Conversión eléctrica**

30 Prioridad:

15.07.2013 GB 201312626

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

11.07.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF PLYMOUTH (100.0%)
Drakes Circus
Plymouth Devon PL4 8AA, GB**

72 Inventor/es:

**AHMED, MOHAMMED y
BLACKLER, MATTHEW GLENN**

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 675 672 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

Conversión eléctrica

[0001] Esta invención se refiere a un aparato y método para su uso en una conversión eléctrica, por ejemplo, para su uso en la conversión de potencia de corriente alterna a potencia de corriente continua.

5 **[0002]** Los dispositivos de rectificación para su uso en la conversión de corriente alterna a corriente continua son bien conocidos. Tales dispositivos normalmente comprenden una red de diodos dispuestos para formar un puente rectificador accionable para convertir una tensión de corriente alterna de entrada en una tensión de corriente continua pulsada y cuya magnitud varía continuamente según varía la tensión de entrada. A fin de nivelar algunas de las variaciones en la magnitud, es habitual colocar un condensador de filtrado en paralelo con el puente rectificador. Estos condensadores no solo tienden a tener valores grandes, normalmente de miles de microfaradios, sino que su tamaño físico también es grande.

10 **[0003]** Mientras que estos dispositivos rectificadores funcionan de manera satisfactoria, pueden experimentarse problemas donde el suministro a la carga asociada tenga que cambiarse, en especial en aplicaciones de alta potencia y potencia media. Asimismo, la necesidad de incorporar un conjunto de circuitos para la eliminación de armónicos puede ser problemática. De manera adicional, el factor de potencia de tales dispositivos tiende a ser bajo, normalmente alrededor de 0,3-0,6.

[0004] Los documentos de patente EP0772280 y EP1052762 describen dispositivos de conversión eléctrica.

15 **[0005]** Es un objetivo de la invención proporcionar un aparato y método de conversión eléctrica en el que muchas de las desventajas asociadas con las técnicas de conversión convencionales se superen o se reduzca su efecto.

[0006] Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato de conversión eléctrica tal como se define en la Reivindicación 1.

[0007] La línea de condensador conmutado puede incluir de manera adicional una inductancia, si se desea. No obstante, no es necesario que sea siempre así.

20 **[0008]** El conmutador bidireccional puede comprender un par de conmutadores unidireccionales orientados uno enfrente del otro dispuestos en paralelo.

[0009] La invención se refiere además a un método de conversión eléctrica tal como se define en la Reivindicación 11.

30 **[0010]** En caso de que el conmutador comprenda un par de conmutadores unidireccionales orientados uno enfrente del otro dispuestos en paralelo con, por ejemplo, diodos controlando el sentido del flujo de corriente, se apreciará que los individuales de los conmutadores no siempre necesitan ocupar la misma posición entre sí para que el conmutador en su conjunto funcione de la manera expuesta anteriormente. Cada conmutador unidireccional puede comprender, por ejemplo, un dispositivo de conmutación adecuado como, pero sin carácter limitativo, un MOSFET o un IGBT.

35 **[0011]** El método y aparato de conversión expuesto anteriormente son ventajosos comparados con un aparato de conversión típico ya que el factor de potencia asociado con el funcionamiento del mismo ha aumentado de manera significativa. A modo de ejemplo, el factor de potencia puede estar en torno a 0,895. No obstante, esto representa el factor de potencia de un ejemplo, no un límite superior alcanzable para el factor de potencia.

40 **[0012]** La capacitancia puede ser considerablemente menor que el condensador de filtrado de un aparato de conversión típico. A modo de ejemplo, puede ser de tan solo un 10 % del tamaño de un condensador de filtrado típico. Por lo tanto, puede ahorrarse en el coste de los componentes, además de reducirse el tamaño, comparado con un dispositivo típico.

45 **[0013]** Una ventaja adicional del aparato y método de la invención es que la generación de armónicos en la forma de onda de corriente es comparativamente baja. Por consiguiente, emplear el aparato y método de la invención en la conversión de una fuente de alimentación para un dispositivo eléctrico o electrónico es relativamente simple dado que no es necesario incorporar un conjunto de circuitos para acomodar o quitar tales armónicos.

50 **[0014]** El funcionamiento del conmutador puede controlarse utilizando cualquier dispositivo de control adecuado. Como su funcionamiento se sincronizará con la salida del puente rectificador que, a su vez, se sincroniza en la entrada del mismo, el funcionamiento del conmutador puede sincronizarse con la salida o entrada del puente rectificador. De manera alternativa, la tensión de salida del puente rectificador puede vigilarse y compararse con el nivel de umbral para determinar la posición deseada del conmutador, y en consecuencia ajustar la posición del conmutador.

55 **[0015]** El conmutador normalmente necesitará ser capaz de conmutar a un elevado potencial. Tal como se ha descrito anteriormente, el conmutador se abre para parar la carga de la capacitancia, y mantener la carga en la

misma, mientras la salida del puente rectificador alcanza su nivel máximo. Posteriormente se cierra para permitir que la carga se satisfaga con la capacitancia cuando la carga del condensador es alta.

[0016] La invención se describirá con mayor detalle, a modo de ejemplo, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 La Figura 1 es un diagrama de circuito que ilustra un aparato de conversión eléctrica típico;
- La Figura 2 es una representación en forma de diagrama de formas de onda para ayudar a entender el funcionamiento del circuito de la Figura 1;
- La Figura 3 es un diagrama de circuito que ilustra un aparato de conversión eléctrica de acuerdo con un modo de realización de la invención;
- 10 La Figura 4a es un diagrama que ilustra la tensión de salida teórica del aparato de conversión eléctrica de la Figura 3;
- La Figura 4b es una vista que ilustra la tensión de salida real del aparato de conversión eléctrica de la Figura 3;
- 15 La Figura 5 es una serie de diagramas de circuito que ilustran el circuito eficaz operable para cada uno de los tres modos de funcionamiento del aparato eléctrico de la figura 3;
- La Figura 6a es una vista que ilustra el impacto teórico de los armónicos sobre la corriente de entrada;
- La Figura 6b es una vista que ilustra los resultados de las pruebas que muestran el impacto real de los armónicos sobre la corriente de entrada;
- 20 La Figura 7 es una comparación de los resultados de las pruebas que muestran los armónicos de la corriente de entrada para tres configuraciones del circuito diferentes, ilustrando la Figura 7a los resultados de las pruebas que muestran los armónicos reales de la corriente de entrada del aparato eléctrico de la Figura 1 con un condensador de filtrado 14 de 660 μF y una carga 28 de 36 Ω , ilustrando la Figura 7b los resultados de las pruebas que muestran los armónicos reales de la corriente de entrada del aparato eléctrico de la Figura 3 con un condensador conmutado de 660 μF y una carga 28 de 36 Ω , e ilustrando la Figura 7c los resultados de las pruebas que muestran los armónicos reales de la corriente de entrada del aparato eléctrico de la Figura 3 con un condensador conmutado 18 de 68 μF y una carga 28 de 36 Ω ;
- 25 La Figura 8 es un diagrama de circuito que ilustra un aparato de conversión eléctrica de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención;
- La Figura 9 es un diagrama de circuito que ilustra un aparato de conversión eléctrica de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención;
- 30 La Figura 10 es una serie de diagramas de circuito que ilustran el circuito eficaz operable para cada uno de los tres modos de funcionamiento de la Figura 9;
- La Figura 11 es un diagrama que ilustra la tensión de salida teórica del aparato de conversión eléctrica de la Figura 9 que muestra el efecto de un componente de almacenamiento 34 adicional en la tensión en el modo 3;
- 35 La Figura 12 es un diagrama de circuito que ilustra un aparato de conversión eléctrica de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención;
- La Figura 13 es un diagrama de circuito que ilustra un aparato de conversión eléctrica de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención; y
- 40 La Figura 14 es una comparación de los resultados de las pruebas que muestran los armónicos reales de la corriente de entrada del aparato eléctrico de la Figura 1 en comparación con el aparato eléctrico de la Figura 13, ilustrando la Figura 14a los resultados de las pruebas que muestran los armónicos de la corriente de entrada del aparato eléctrico de la Figura 1 con un convertidor DC-DC conectado a la salida y suministrando una carga resistiva, e ilustrando la Figura 14b los resultados de las pruebas que muestran los armónicos de la corriente de entrada del aparato eléctrico de la Figura 13 con la misma carga que en la Figura 8a.
- 45

[0017] Haciendo referencia primero a la Figura 1, se ilustra una disposición típica de un circuito de conversión eléctrica de AC a DC. La disposición comprende un puente rectificador 10, hecho de una red de diodos (o conmutadores con un aparato de control), al que se le aplica una tensión de entrada de un suministro de corriente alterna 12 de la manera habitual. La Figura 2a ilustra, en forma de diagrama, la salida del suministro 12 que se aplica al lado de entrada 10a del puente rectificador 10, y la Figura 2b ilustra la salida de un puente rectificador (ante la falta de un filtrado) en respuesta a tal entrada. El puente rectificador 10 sirve por tanto para convertir el suministro de corriente alterna en una salida de corriente continua de magnitud variable.

50

[0018] A fin de darle a la salida de corriente continua del puente rectificador 10 una mayor utilidad, es habitual proporcionar un condensador de filtrado 14 en paralelo con el lado de salida 10b del puente rectificador 10. La

capacitancia del condensador 14 normalmente es grande. El condensador 14 carga y descarga, filtrando la señal de salida, por ejemplo sustancialmente hasta la forma ilustrada en la Figura 2c. Se apreciará que mientras que la salida del circuito de conversión incluyendo el condensador 14 tiene la forma de una salida de corriente continua, aún hay una ondulación de salida significativa, cuyo tamaño está determinado, en parte, por el condensador 14.

5 **[0019]** Una conversión eléctrica que utiliza circuitos de este tipo general se ha utilizado durante muchos años. Una desventaja con el uso de este circuito es que el factor de potencia del circuito es bajo, por ejemplo normalmente es de aproximadamente 0,3-0,6. Asimismo, la presencia del condensador 14 grande da como resultado la generación de grandes armónicos de corriente en el suministro, que pueden interferir con el funcionamiento de otros circuitos si no se compensa o se suprime.

10 **[0020]** En la Figura 3 se ilustra una disposición de circuito de conversión eléctrica según un modo de realización de la invención. A primera vista el circuito de la Figura 3 parece ser muy similar al de la Figura 1. No obstante, hay una diferencia importante entre ellos. En concreto, el gran condensador de filtrado 14 de la disposición de la Figura 1 se omite y se sustituye con una línea de condensador conmutado 16. La línea de condensador conmutado 16 incorpora una capacitancia 18 que es considerablemente menor que un condensador de filtrado 14 típico. A modo de ejemplo, en la disposición ilustrada el valor del condensador 18 es menor que 100 μ F. No obstante, se apreciará que la invención no se restringe a este respecto y que pueden utilizarse otros valores de componentes. Además, incluye un conmutador bidireccional 20. El conmutador 20 se puede accionar para controlar el tiempo de carga y descarga de la capacitancia 18.

20 **[0021]** Se sabe que la presencia de un gran condensador de filtrado 14 en un circuito típico de conversión eléctrica da como resultado la generación de armónicos de corriente significativos que pueden influir de manera negativa sobre el funcionamiento de otros circuitos o dispositivos y que, de este modo, sea necesario retirarlos. Evitando el uso de tal condensador, la generación de armónicos de corriente se reduce de manera significativa.

25 **[0022]** Como el conmutador 20 controla la carga y la descarga, de manera ideal el conmutador 20 es un conmutador bidireccional. En la disposición ilustrada, el conmutador bidireccional comprende un par de patas del conmutador unidireccional orientadas una enfrente de la otra, cada una de las cuales incluye un conmutador unidireccional 20a, 20b y un diodo orientado de manera apropiada o similares. Se proporciona un dispositivo de control 22 para controlar el funcionamiento del conmutador 20, controlando la posición de cada uno de los conmutadores unidireccionales 20a, 20b, y por tanto controlando la carga y descarga de la capacitancia 18.

30 **[0023]** La Figura 4a ilustra la salida 24 típica del puente rectificador 10 en respuesta a la aplicación de una señal de corriente alterna en la entrada del mismo desde el suministro 12. Se apreciará que, tal como se ha descrito anteriormente, la salida 24 tiene la forma de una señal de corriente continua de magnitud variable. En la Figura 4a también se muestra un nivel de umbral 26. En la Figura 4a, se indican tres modos de funcionamiento. En el Modo 1, la salida 24 del puente rectificador es mayor que el umbral 26 y está aumentando, en el Modo 2 la salida 24 del puente rectificador está sobre el umbral 26 pero está disminuyendo, y en el Modo 3 la salida 24 del puente rectificador está por debajo del umbral 26.

35 **[0024]** En la Figura 4a también se muestra la tensión de salida 30 del aparato eléctrico mostrado en la Figura 3. El dispositivo de control 22 puede accionarse para controlar la posición de los conmutadores 20a, 20b, de manera que:

40 durante el Modo 1 la carga 28 (indicada por una resistencia en la Figura 3) se satisface con la salida del puente rectificador 10 y el conmutador 20a se cierra de manera que se lleve a cabo la carga de la capacitancia 18. El conmutador 20b está abierto en este modo, pero el resultado neto de las posiciones de los conmutadores 20a, 20b es que el conmutador 20 está cerrado. La Figura 5a muestra el circuito eficaz operable durante el Modo 1.

45 durante el Modo 2 la carga continúa satisfaciéndose con la salida del puente rectificador 10, pero ambos conmutadores 20a, 20b están abiertos de manera que la capacitancia 18 se mantiene cargada. Como ambos conmutadores 20a, 20b están abiertos, el estado general del conmutador 20 es que está abierto. La Figura 5b muestra el circuito eficaz operable durante el Modo 2.

50 durante el Modo 3 el conmutador 20b está cerrado permitiendo que la carga 28 se satisfaga con la descarga de la capacitancia 18. El conmutador 20a se queda abierto de este modo, pero como el conmutador 20b está cerrado, el efecto neto es que el conmutador 20, en general, está cerrado. La Figura 5c muestra el circuito eficaz operable durante el Modo 3.

55 **[0025]** El dispositivo de control 22 funciona convenientemente vigilando continuamente la salida 24 del puente rectificador, determinando si está aumentando o disminuyendo, y comparándola con el umbral 26 de salida deseado para determinar cuáles de estos tres modos de funcionamiento es apropiado, y controlando los conmutadores 20a, 20b en consecuencia. No obstante, dado que la tensión de suministro tiene una frecuencia y magnitud estables, la naturaleza cíclica del funcionamiento de los conmutadores 20a, 20b puede permitir que se utilicen otras estrategias de control. Además, tal como se expone a continuación, en caso de que la tensión de suministro varíe, pueden utilizarse otras estrategias de control.

[0026] La Figura 4b muestra la tensión de salida real del aparato eléctrico de la Figura 3 cuando se prueba con una entrada de corriente alterna de 110 V RMS. El umbral 26 en este caso se estableció en 48 V.

[0027] La Figura 6a es una representación en forma de diagrama de la corriente de entrada aplicada suministrada al circuito de conversión eléctrica de la Figura 3. Se apreciará que la corriente de entrada incluye segmentos que se corresponden con los tres modos identificados anteriormente. En el Modo 1, la corriente de entrada aplicada es alta. Se ilustra en la Figura 6a como tomando la forma de una onda cuadrada. En la práctica, este no siempre sería el caso, dependiendo hasta cierto punto de la naturaleza de la carga 28. Como se ha mencionado anteriormente, durante este modo, el conmutador 20a está cerrado y de este modo se está llevando a cabo la recarga de la capacitancia 18, así como se está suministrando la carga 28. Durante el Modo 2, cuando ambos conmutadores 20a, 20b están abiertos, la corriente suministrada es de forma parcialmente sinusoidal, reflejando la naturaleza de la tensión de entrada. Durante el Modo 3 cuando el conmutador 20b está cerrado para permitir que la carga 28 se satisfaga con la descarga de la capacitancia 18, la corriente suministrada es cero. Mientras que la Figura 6a es una representación teórica de la corriente de entrada, la Figura 6b ilustra el impacto real de los armónicos en la corriente de entrada en una disposición de prueba.

[0028] Identificando correctamente las duraciones de los varios modos, puede calcularse el valor RMS de la corriente de entrada. En un ejemplo, donde el suministro es un suministro de 110 V RMS y la carga 28 es una carga resistiva de 36 Ω , el valor RMS de la corriente de entrada puede calcularse en aproximadamente 3,9 A. El cálculo o la determinación del valor de voltamperio y el valor de potencia medio instantáneo permite que el factor de potencia pueda calcularse en aproximadamente 0,94. Se construyó y se probó tal circuito utilizando estos valores, confirmando la validez de los cálculos con un factor de potencia medido en 0,936. Esto representa una mejora significativa en los valores del factor de potencia de 0,3-0,6 conseguidos normalmente por circuitos de conversión eléctrica. Es importante destacar que el aparato no se restringe a la tensión de suministro mencionada anteriormente. En su lugar, la tensión de suministro máxima que puede aplicarse está limitada solo por las características asignadas de los elementos de conmutación empleados.

[0029] La Figura 7 ilustra la comparación de los resultados de tres pruebas, cada una de diferentes configuraciones de circuitos, mostrando la posible mejora en los armónicos de corriente sobre los del aparato de la Figura 1:

La Figura 7a ilustra un resultado de una prueba de los armónicos de corriente de entrada reales del aparato eléctrico de la Figura 1 con una capacitancia 14 de filtrado de 600 μF y una carga 28 resistiva de 36 Ω .

La Figura 7b ilustra un resultado de una prueba de los armónicos de corriente de entrada reales del aparato eléctrico de la Figura 3 con una capacitancia 18 de conmutación de 600 μF y una carga 28 resistiva de 36 Ω . Esto muestra la mejora en los armónicos de corriente y en el factor de potencia sobre la Figura 7a de la utilización de una capacitancia conmutada.

La Figura 7c ilustra un resultado de una prueba de los armónicos de corriente de entrada reales del aparato eléctrico en la Figura 3 con una capacitancia 18 conmutada de 68 μF y una carga 28 resistiva de 36 Ω . Esto muestra la mejora en los armónicos de corriente y en el factor de potencia sobre la Figura 7b de la utilización de una capacitancia menor.

[0030] La carga 28 era idéntica para todas las pruebas ilustradas en la Figura 7.

[0031] La disposición de la invención es por tanto ventajosa en lo que se refiere a que permite un aumento significativo en el factor de potencia a conseguir, y se suprime la generación de armónicos de corriente. Estos efectos se consiguen sin la necesidad de incorporar conmutadores en la corriente de alimentación a la carga 28. En consecuencia, la invención puede tener beneficios particulares cuando se utiliza en aplicaciones de alta potencia y potencia media en las que la incorporación de conmutadores en estas ubicaciones puede ser problemática. Mientras que los beneficios de la invención se consiguen sin la necesidad de incorporar conmutadores en el suministro, la invención puede emplearse en conjunto con tal suministro, si se desea.

[0032] Se apreciará que el umbral 26 se elige, hasta cierto punto, dependiendo de la aplicación en la que la invención se vaya a utilizar, pero también influye en el tamaño de la capacitancia 18. Cuanto más elevado sea este umbral 26, más grande se necesitará que sea la capacitancia 18, y cuanto más bajo sea el umbral 26, más pequeña será la capacitancia 18.

[0033] La figura 8 ilustra una modificación al circuito de la Figura 3. En el circuito mostrado en la Figura 8, se proporciona un circuito de vigilancia 32 para vigilar el suministro 12, siendo suministrada la salida del circuito de vigilancia 32 a la unidad de control 22 y utilizada en el control del funcionamiento del conmutador 20. Mediante el uso de tal dispositivo, la magnitud del umbral 26 puede ser variada, por ejemplo en respuesta a las variaciones del suministro 12 detectadas por el circuito de vigilancia 32. Tal dispositivo, por tanto, permite un control dinámico sobre el valor del umbral 26 y por tanto sobre el funcionamiento del aparato en su conjunto, por ejemplo para permitir la maximización del factor de potencia o la producción de potencia alcanzable. Esto puede ser particularmente ventajoso donde la carga no sea constante y/o no sea puramente de naturaleza resistiva.

[0034] Mientras que la Figura 8 ilustra el circuito de vigilancia 32 como vigilando el suministro 12, se apreciará que puede vigilar de manera adicional o alternativa la salida del rectificador, y utilizar esto para la determinación de un nivel de umbral apropiado 26 y/o para controlar el conmutador 20.

[0035] En la Figura 9 se muestra una modificación del circuito de la Figura 8. En la disposición de la Figura 9 un inductor 34 u otro dispositivo de almacenamiento de energía está conectado al condensador 18, con un diodo de circulación libre 36 conectado a lo largo del condensador 18 y en serie con el inductor 34. La disposición de la Figura 9 funciona sustancialmente de la misma manera que se ha descrito anteriormente. Concretamente:

5 durante el Modo 1 la carga 28 (indicada por la resistencia 28 en la Figura 9) se satisface desde la salida del puente rectificador 10 y el conmutador 20a se cierra de manera que se lleve a cabo la carga de la capacitancia 18. En el modo de realización mostrado en la Figura 9, este modo también almacenará energía en el inductor 34. El conmutador 20b está abierto en este modo. La Figura 10a muestra el circuito eficaz operable durante el modo 1. Por consiguiente, el Modo 1 almacena energía en uno o más dispositivos de almacenamiento de energía.

10 durante el Modo 2 la carga continúa satisfaciéndose con la salida del puente rectificador 10, pero ambos conmutadores 20a, 20b están abiertos de manera que la capacitancia 18 se mantiene cargada. En el modo de realización mostrado en la Figura 9, en este modo la energía del inductor se transfiere parcialmente o completamente al condensador. La Figura 10b muestra el circuito eficaz operable durante el modo 2.

15 durante el Modo 3 el conmutador 20b está cerrado permitiendo que la carga 28 se satisfaga con la descarga de la capacitancia 18. En el modo de realización mostrado en la Figura 9, la energía almacenada del inductor también puede utilizarse para suministrar la carga además de la energía del condensador. El conmutador 20a se queda abierto en este modo. La Figura 10c muestra el circuito eficaz operable durante el modo 3.

20 **[0036]** La disposición de la Figura 9 puede resultar en que el potencial a lo largo de la carga 28 en el Modo 3 supere el potencial máximo del suministro de corriente alterna tal como se ilustra en la Figura 11. De forma alternativa, con un calibrado apropiado del inductor 34, la velocidad de transferencia de energía puede estar diseñada de tal manera que haya menos energía en los elementos de almacenamiento, resultando en que el potencial máximo durante el Modo 3 es menor que el potencial máximo de la corriente alterna.

25 **[0037]** Se cree que la disposición de la Figura 9 podría ser particularmente adecuada para su uso en conjunto con suministros de frecuencia más altos, por ejemplo como aquellos utilizados en la aviación, dado que las altas frecuencias permitirían el uso de un inductor más pequeño.

30 **[0038]** Una disposición de circuito de conversión eléctrica de conformidad con un modo de realización adicional de la invención se ilustra en la Figura 12. El circuito de la Figura 12 es similar al de la Figura 9, pero el diodo de circulación libre 36 mostrado en la Figura 9 se omite y se sustituye por otro dispositivo de conmutación 38, también accionado por el dispositivo de control 22. El funcionamiento de la disposición de la Figura 12 es sustancialmente como se ha descrito anteriormente en relación con la Figura 9 con la excepción de que el conmutador 38 está controlado por el dispositivo de control 22 de modo que se abre durante el Modo 1 y se cierra durante los Modos 2 y 3, funcionando por consiguiente prácticamente de la misma manera que el diodo de circulación libre 36 de la disposición de la Figura 9.

35 **[0039]** Una disposición de circuito de conversión eléctrica de conformidad con un modo de realización adicional de la invención se ilustra en la Figura 13. En la disposición de la Figura 13, un convertidor DC-DC 40 se conecta en paralelo con las salidas 10b del rectificador 10 y también en paralelo con la línea de condensador conmutado 16. El propósito del convertidor DC-DC 40 es ayudar a estabilizar la tensión de salida del rectificador, manteniendo por consiguiente la salida a la carga 28 en una tensión de corriente continua plana. Dependiendo de la topología del convertidor DC-DC 40, la salida de corriente continua plana a lo largo de la carga puede ser mayor o menor que el umbral 26.

[0040] La Figura 14 ilustra la comparación de los resultados de dos pruebas, mostrando la posible mejora en los armónicos de corriente del aparato en la Figura 13 sobre los del aparato de la Figura 1:

45 La Figura 14a ilustra un resultado de una prueba de los armónicos de corriente de entrada reales del aparato eléctrico de la Figura 1 con una capacitancia de filtrado de 600 μ F y un convertidor DC-DC conectado a la salida 10b del rectificador 10 y suministrando la carga 28.

50 La Figura 14b ilustra un resultado de una prueba de los armónicos de corriente de entrada reales del aparato eléctrico de la Figura 13 con una capacitancia conmutada 18 de 68 μ F y una carga 28 idéntica a la de la Figura 14a. El convertidor DC-DC utilizado para la prueba mostrado en la Figura 14a es idéntico al convertidor DC-DC 40 de la Figura 13. La Figura 14b muestra la mejora en los armónicos de corriente y en el factor de potencia sobre la Figura 14a.

[0041] La carga 28 era idéntica para ambas pruebas ilustradas en la Figura 14 y incluidas en un ordenador portátil ejecutando un sistema operativo Linux mientras llevaba a cabo una rigurosa prueba de resistencia. La salida del convertidor DC-DC utilizada para ambas pruebas se estableció en 19 V.

55 **[0042]** Mientras que los circuitos de las Figuras 9, 12 y 13 hacían uso de la modificación mostrada en la Figura 8, se apreciará que también son posibles modos de realización basados incluyendo las variantes de las Figuras 9, 12 y 13 pero basados en el circuito de la Figura 3.

[0043] A modo de agradecimiento, la labor de desarrollo en relación con el objeto de la solicitud y en particular los modos de realización ilustrados en las Figuras 8 a 13, y las pruebas de la invención se han llevado a cabo en conjunto con, y con la amable ayuda de Fairford Electronics Ltd de Ivybridge, Reino Unido.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de conversión eléctrica comprendiendo un puente rectificador (10) presentando un lado de entrada y un lado de salida, una línea de condensador conmutado (16) colocada en paralelo con el lado de salida del puente rectificador (10), la línea de condensador conmutado (16) comprendiendo una capacitancia (18) y un conmutador (20) dispuestos en serie entre sí, el conmutador (20) controlando el contacto eléctrico entre el lado de salida del puente rectificador (10) y un terminal de la capacitancia (18) de manera que el conmutador (20) controle la carga y descarga de la capacitancia (18), y un dispositivo de control (22) operable para controlar el funcionamiento del conmutador (20), **caracterizado por que** el conmutador (20) es un conmutador (20) bidireccional y el dispositivo de control (22) es accionable de manera que a lo largo del periodo en el que la tensión de salida del puente rectificador (10) está sobre un nivel de tensión de umbral (26) y está aumentando el conmutador (20) se cierre de manera que la capacitancia (18) se cargue y se satisfaga una carga desde la salida del puente rectificador (10), a lo largo del periodo en el que la salida del puente rectificador (10) está sobre un nivel de tensión de umbral (26) y está disminuyendo el conmutador (20) se abra de manera que la capacitancia (18) se aisle de la carga, estando satisfecha aún la carga por la salida del puente rectificador (10), y a lo largo del periodo en el que la salida del puente rectificador (10) está por debajo del nivel de tensión de umbral (26), el conmutador (20) se cierre de manera que la carga sea suministrada por la descarga de la capacitancia (10).
2. Un aparato según la Reivindicación 1, en el que el nivel de umbral (26) es fijo.
3. Un aparato según la Reivindicación 1, en el que el nivel de umbral (26) es variable.
4. Un aparato según la Reivindicación 3, comprendiendo además un dispositivo de vigilancia (32) operable para vigilar un suministro al lado de entrada y/o una salida en el lado de salida, y en el que el nivel de umbral (26) está controlado de manera dinámica en respuesta al funcionamiento del dispositivo de vigilancia (32).
5. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además un elemento de almacenamiento de energía (34) adicional colocado en serie con la capacitancia.
6. Un aparato según la Reivindicación 5, comprendiendo además un diodo de circulación libre o un conmutador (36,38) conectado en serie con el elemento de almacenamiento de energía (34).
7. Un aparato según la Reivindicación 5 o la Reivindicación 6, en el que el elemento de almacenamiento de energía (34) comprende un inductor.
8. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además un convertidor DC-DC operable para proporcionar una forma de onda de salida de corriente continua estabilizada.
9. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conmutador (20) bidireccional comprende un par de conmutadores unidireccionales orientados uno enfrente del otro colocados en paralelo.
10. Un aparato según la Reivindicación 9, en el que cada conmutador unidireccional comprende un dispositivo de conmutación adecuado como, pero sin carácter limitativo, un MOSFET o un IGBT.
11. Un método de conversión eléctrica comprendiendo proporcionar una línea de condensador conmutado (16) en paralelo con una salida de un puente rectificador (10), la línea de condensador conmutado (16) comprendiendo una capacitancia (18) y un conmutador dispuestos en serie entre sí, el conmutador (20) controlando el contacto eléctrico entre un lado de salida del puente rectificador (10) y un terminal de la capacitancia (18) de manera que el conmutador (20) pueda controlar la carga y la descarga de la capacitancia (18), **caracterizado por que** el conmutador (20) comprende un conmutador bidireccional y se acciona de manera que lo largo del periodo en el que la tensión de salida del puente rectificador (10) está sobre un nivel de tensión de umbral (26) y está aumentando el conmutador (20) se cierre de manera que la capacitancia (18) se cargue y se satisfaga una carga desde la salida del puente rectificador (10), a lo largo del periodo en el que la salida del puente rectificador (10) está sobre un nivel de tensión de umbral (26) y está disminuyendo el conmutador (20) se abra de manera que la capacitancia (18) se aisle de la carga, estando satisfecha aún la carga por la salida del puente rectificador (10), y a lo largo del periodo en el que la salida del puente rectificador (10) está por debajo del nivel de tensión de umbral (26), el conmutador (20) se cierre de manera que la carga sea suministrada por la descarga de la capacitancia (18).
12. Un método de conversión eléctrica según la Reivindicación 11, comprendiendo además la medición de la corriente alterna de salida y/o la corriente continua de entrada a fin de generar de manera dinámica el nivel de tensión de umbral (26) utilizado para controlar el conmutador.
13. Un método según la Reivindicación 11 o la Reivindicación 12, en el que la línea de condensador conmutado (16) y el puente rectificador (10) forman parte de un aparato según cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 10.

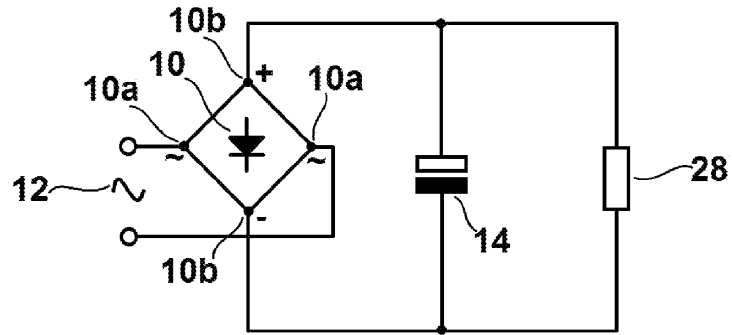


Figura 1

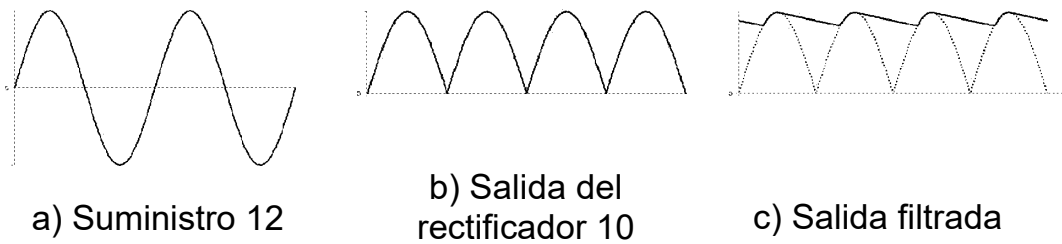


Figura 2

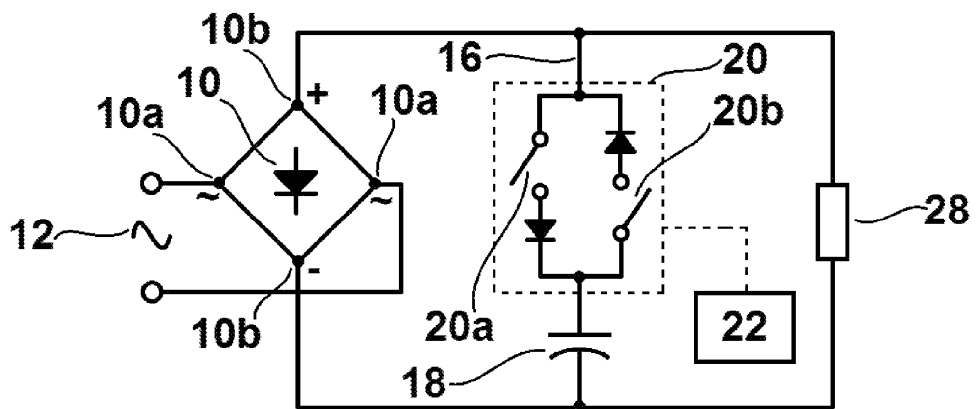
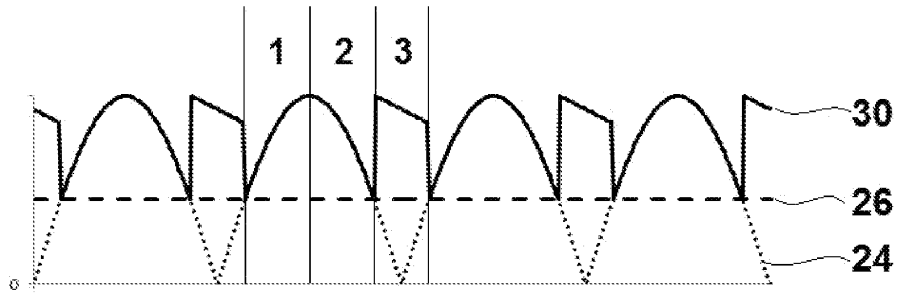
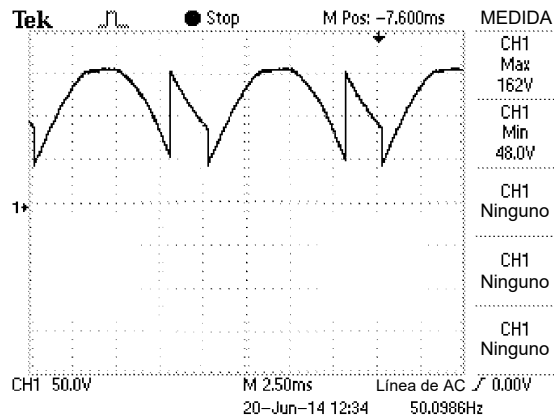


Figura 3



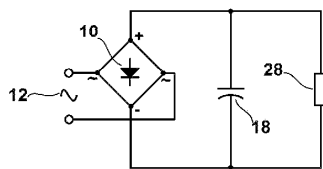
Tensión teórica

Figura 4a

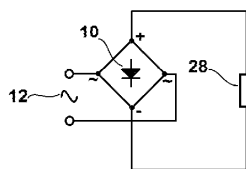


Tensión real

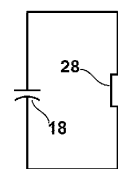
Figura 4b



a) Modo 1

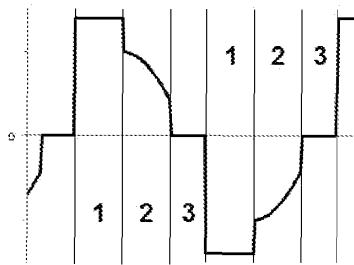


b) Modo 2

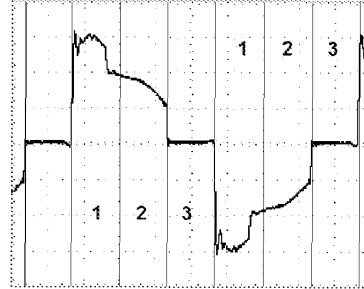


c) Modo 3

Figura 5

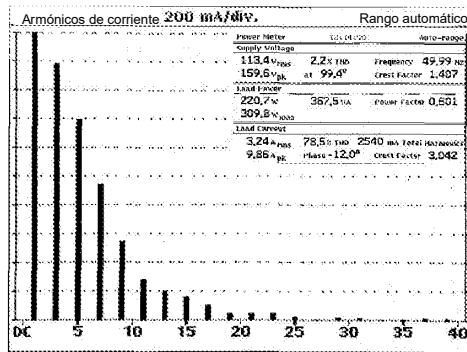


a) Corriente teórica

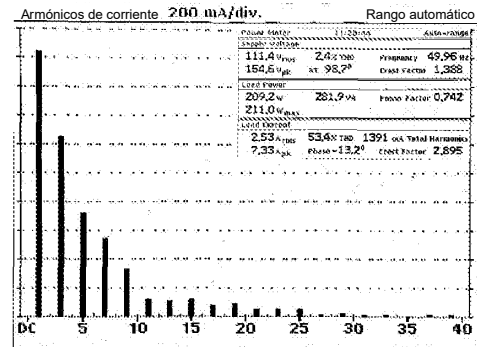


b) Corriente real

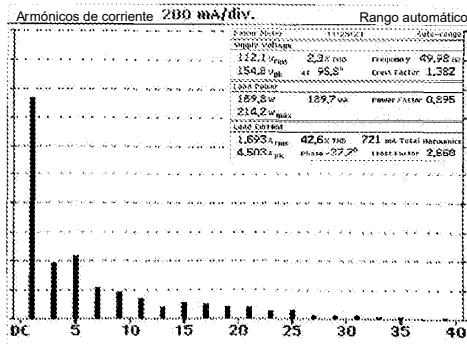
Figura 6



a) Condensador de filtrado de 660 μF con una carga resistiva de 36 Ω



b) Condensador conmutado de 660 μF con una carga resistiva de 36 Ω



c) Condensador conmutado de 68 μF con una carga resistiva de 36 Ω

Figura 7

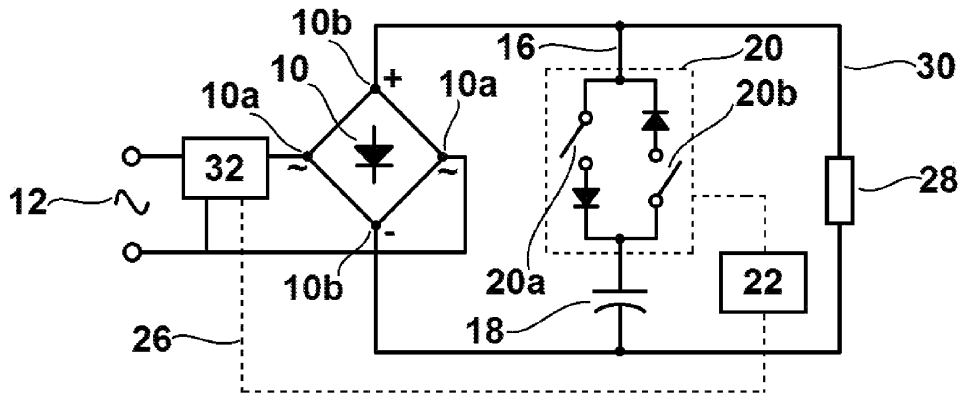


Figura 8

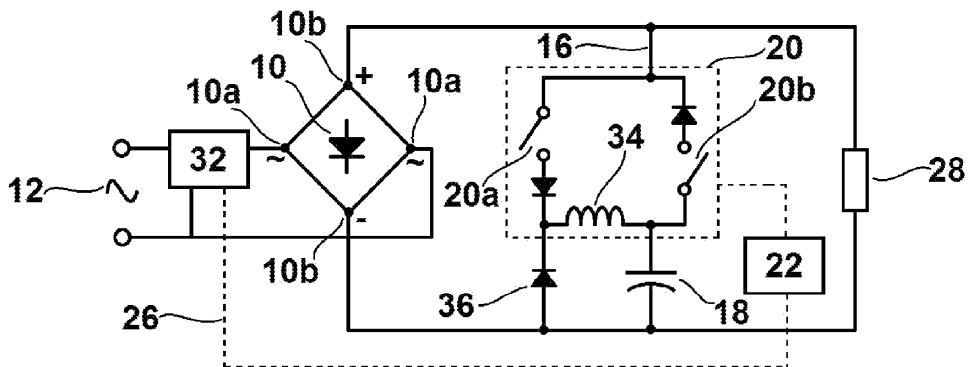
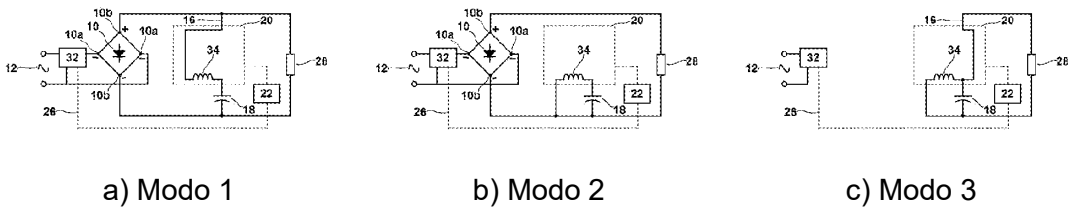


Figura 9



a) Modo 1

b) Modo 2

c) Modo 3

Figura 10

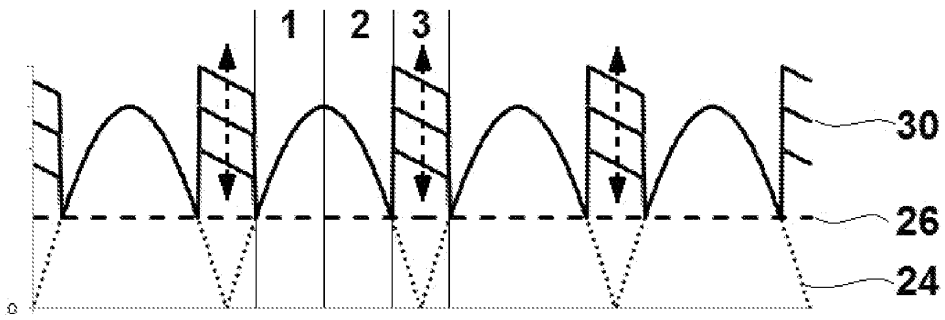


Figura 11

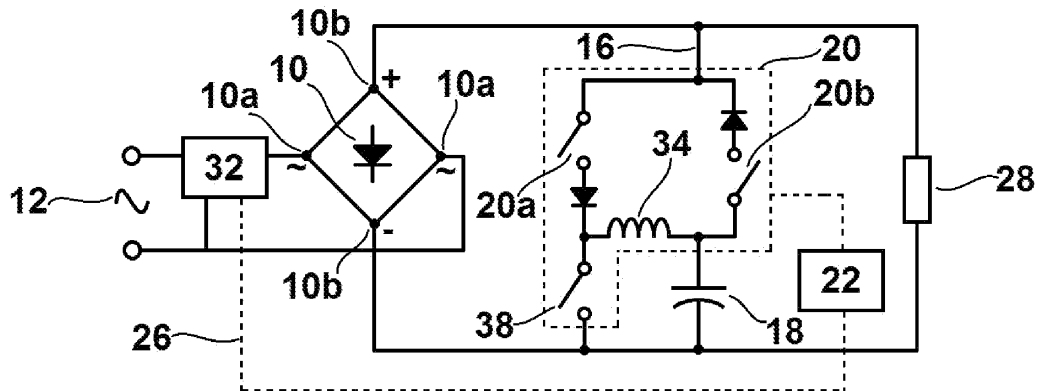


Figura 12

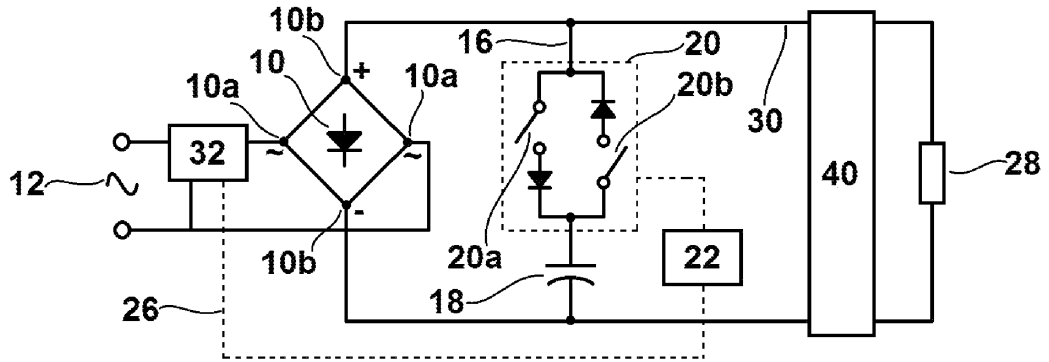
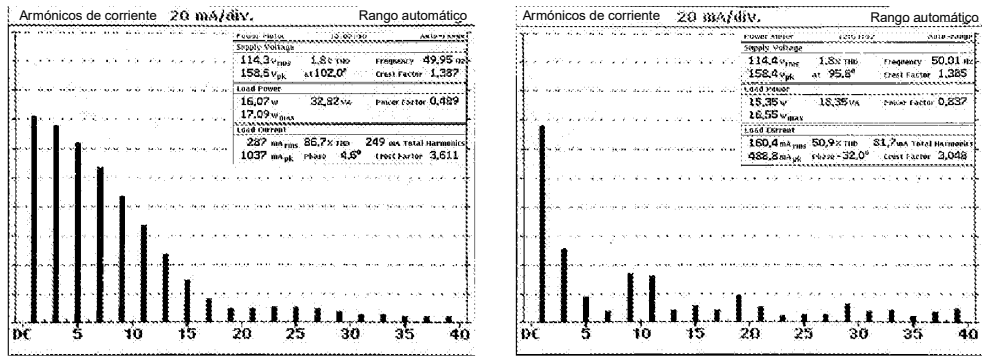


Figura 13



a) Condensador de filtrado con un convertidor DC-DC

b) Condensador conmutado con un convertidor DC-DC

Figura 14