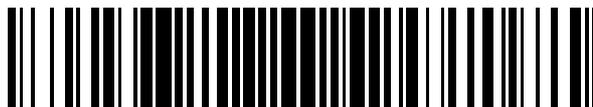


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 913**

21 Número de solicitud: 201200703

51 Int. Cl.:

**H02M 3/156** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

**02.07.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**05.11.2012**

Fecha de la concesión:

**27.02.2013**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**11.03.2013**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO  
O.T.R.I. UniOvi Edificio Severo Ochoa, Campus  
de "El Cristo"  
33006 Oviedo (Asturias) ES**

72 Inventor/es:

**MARTÍN PERNÍA, Alberto;  
NUÑO GARCÍA, Fernando;  
DÍAZ GONZÁLEZ, Juan;  
JOSÉ PRIETO, Miguel Ángel;  
MARTÍN RAMOS, Juan;  
VILLEGAS SÁIZ, Pedro José y  
MARTÍNEZ ESTEBAN, Juan Ángel**

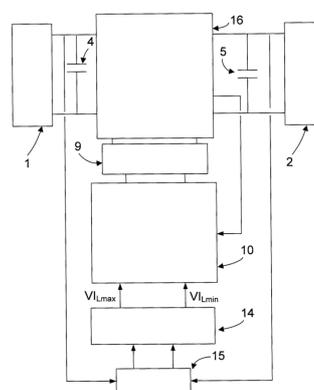
54 Título: **Sistema para la transferencia energética entre módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica**

57 Resumen:

Sistema de transferencia energética entre módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica (1) y (2) que comprende un convertidor de potencia conmutado (16), dos condensadores de filtro (4) y (5), un circuito de disparo (9), un bloque generador de pulsos de disparo (10), un bloque de control (14) y un bloque de adaptación (15).

De aplicación en los sectores en los que se diseñen, produzcan y utilicen dispositivos eléctricos o electrónicos para recuperación de energía, como por ejemplo en el sector técnico del material y equipo eléctrico, electrónico y óptico o en el de energía y agua. Más particularmente, es de aplicación en el proceso de desalinización de un fluido por deionización capacitiva, donde las etapas encargadas de retener la sal procedente del agua de mar almacenan energía durante el proceso de deionización, que puede reutilizarse mediante el sistema de la invención para reducir el consumo energético del proceso.

FIG. 1



ES 2 389 913 B2

**DESCRIPCIÓN**

**SISTEMA PARA LA TRANSFERENCIA ENERGÉTICA ENTRE MÓDULOS  
CON CAPACIDAD DE ALMACENAR ENERGÍA ELÉCTRICA**

La presente invención se refiere a un sistema de recuperación energética que permite  
5 transferir la energía de un módulo o etapa con capacidad de almacenar energía  
eléctrica a otro módulo o etapa de similares características.

La invención es de aplicación en los sectores en los que se diseñen, produzcan y  
utilicen dispositivos eléctricos o electrónicos para recuperación de energía, como por  
ejemplo en el sector técnico del material y equipo eléctrico, electrónico y óptico o en  
10 el de energía y agua. Más particularmente la invención es de aplicación en el proceso  
de desalinización o descontaminación de un fluido por deionización capacitiva. Así,  
por ejemplo, las etapas encargadas de retener la sal procedente del agua de mar  
almacenan energía durante el proceso de deionización y esta energía puede reutilizarse  
mediante el dispositivo de la invención para reducir el consumo energético del sistema  
15 de desalación.

**ESTADO DE LA TÉCNICA**

Actualmente existen varias tecnologías orientadas a la desalinización de agua de mar  
(Tamim Younos, Kimberly E. Tulou “Overview of Desalination Techniques”, Journal  
20 of Contemporary Water Research & Education, vol.132, pp. 3-10, December 2005).  
Una de las más utilizadas industrialmente se basa en la ósmosis inversa. Esta  
tecnología se fundamenta en el bombeo de aguas saladas a través de membranas,  
creando un concentrado de sales y agua apta para el consumo. Al margen del elevado  
precio de las membranas, los sistemas de bombeo requieren presiones muy elevadas  
25 para hacer fluir el agua a través de aquellas, lo que resulta muy gravoso desde el punto  
de vista del consumo energético global del proceso y revierte en un elevado precio del  
agua así obtenida, además de un elevado coste medioambiental. La tecnología de  
membranas también presenta otras dificultades, como es la necesidad de pre-tratar el  
agua para evitar la presencia de sustancias que pudiesen deteriorar las membranas,  
30 tales como restos de grasa, aceites, etc.

Como una alternativa factible a la tecnología de ósmosis inversa, surge la conocida como “desionización capacitiva” o CDI. Es una tecnología que no usa membranas y que, por tanto, consume mucha menos energía (T.J. Welgemoed, C.F. Schutte “Capacitive deionization technology: an alternative desalination solution”,  
5 Desalination 2005, vol. 183, pp. 327-340).

Otras aplicaciones de la deionización capacitiva de especial interés se centran en la eliminación de contaminantes como por ejemplo las mencionadas en Leonard P. Seed, Daren D. Yetman, Yuri Pargaru and Gene S. Shelp “The desel system – capacitive deionization for the removal of Ions from water”, 3d Mali Symposium on Applied  
10 Sciences, August 2 - 5, 2004 (MSAS'2004) y en Lee, Lai Yoke; Ng, How Yong; Ong, Say Leong; Tao, Guihe; Kekre, Kiran; Viswanath, Balakrishnan; Lay, Winson; Seah, Harry “Integrated pretreatment with capacitive deionization for reverse osmosis reject recovery from water reclamation plant”, Water Research 2009, vol. 43, pp. 4769–4777.

15 En esencia, el sistema CDI consta de varias etapas o módulos desalinizadores conectados en cascada, estando el primer módulo alimentado con el agua de mayor concentración en sales. Cada etapa se compone de varios electrodos que se interconectan dando lugar a un equivalente eléctrico similar al de un supercondensador. La polarización de los electrodos que componen las etapas  
20 desalinizadoras permitirá la retención de los iones presentes en el agua mediante la atracción electrostática.

El agua que sale de la primera etapa o módulo alimenta a una segunda, donde se continúa el proceso de eliminación de sal.

Puesto que cada etapa o módulo tiene como equivalente eléctrico un  
25 supercondensador, la energía que se almacena en forma de campo eléctrico durante el proceso de desalinización puede ser recuperada y transferida a la siguiente etapa desalinizadora, continuando así con el proceso. Es decir, para polarizar la segunda etapa se puede utilizar la energía que se obtiene de la despolarización de la primera, lo que supone minimizar el consumo energético.

Cada etapa de desionización debe regenerarse una vez saturada de sal, para lo que debe despolarizarse y circular una segunda corriente de agua salada donde se va concentrando la sal, que luego se desechará. Esta segunda corriente con alto contenido en sales, que es inherente a todo proceso de desalación sea cual sea la tecnología que se use, puede convertirse en un problema medioambiental, ya que debe verterse de forma controlada. La situación ideal sería verterla en una salina, donde se aprovecharía para generar sal. En caso de no disponer de una próxima, la corriente rica en sal puede ser devuelta al mar, en una zona donde las corrientes permitan una rápida dilución de la sal, sin causar perjuicios a la flora o fauna próximas al punto de vertido.

Cada módulo puede estar compuesto por uno o varios conjuntos de placas polarizables similares a condensadores, que podrán estar conectados en serie, paralelo o grupos serie-paralelos. Por cada par de placas, una actuará como electrodo positivo y otra como electrodo negativo. A diferencia de un condensador clásico, entre estas dos placas se dejará un pequeño canal por el que debe circular el agua salada que se pretende desionizar.

Cuando el agua salada circula entre las placas se procede con el proceso de polarización de las mismas para retener los iones de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ .

Los electrodos de cada una de las etapas deben ser capaces de adsorber el mayor número posible de iones, para lo que se requiere que tengan una gran superficie a semejanza de lo que ocurre con los electrodos de los supercondensadores.

Una vez el condensador equivalente esté cargado y el carbón saturado, se elimina la capacidad desalinizadora de la etapa. Ante esta situación se plantea transferir la energía almacenada en forma de campo eléctrico en dicho condensador equivalente a la siguiente etapa, de forma que será esta nueva etapa la encargada de continuar con el proceso de desalinización. La etapa previa, una vez descargada y sin presencia de campo alguno, podrá ser sometida al proceso de eliminación de los iones retenidos mediante un lavado, proceso que dará origen a la salmuera.

La transferencia de carga de una etapa a otra ha de realizarse con mínimas pérdidas energéticas. De esta forma se puede conseguir un proceso cíclico en el que se

aportaría desde la fuente primaria, la energía necesaria para el arranque del sistema y posteriormente las pérdidas que se ocasionen durante los trasvases de energía entre etapas.

En la bibliografía son escasas las menciones a los convertidores cc/cc encargados del trasvase energético entre módulos de desalinización, aunque generalmente se basan en la utilización de un convertidor elevador-reductor (M. Alkuran,, M. Orabi, “Utilization of a Buck Boost Converter and the Method of Segmented Capacitors in a CDI Water Purification System”, MEPCON. 2008, pp. 470-474).

El control de este tipo de convertidores pasa por conseguir un comportamiento similar al de una fuente de corriente. Para ello se acude a dos estrategias de control:

- Control de corriente promediada: en este caso se monitoriza la corriente de salida y se realimenta el convertidor para conseguir una corriente media de salida constante con la que se polarizan los electrodos de la etapa desalinizadora.
- Otra alternativa consiste en realizar un control por histéresis en el que se mide la corriente por la bobina del convertidor y se limita el valor máximo a un valor fijo y el valor mínimo a cero amperios.

En cualquiera de las opciones mencionadas, el convertidor cc/cc ve penalizado su rendimiento cuando las diferencias entre tensión de entrada y salida son importantes al no adaptarse el valor de la corriente por la bobina al punto óptimo de trabajo en el convertidor.

## **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un sistema que realiza la transferencia energética entre módulos con capacidad de almacenar energía. Los mencionados módulos almacenan la energía de forma electroquímica, como es el caso de una batería o un supercondensador, y la devuelven con tensión y corriente variables. Inicialmente el módulo conectado en la entrada se encuentra cargado mientras que el conectado a la

salida descargado. El sistema propuesto transfiere la energía de entrada a la salida minimizando las pérdidas durante el intercambio. Posteriormente, una vez que el mencionado trasvase ha finalizado, se inicia el mismo proceso a la inversa, donde el módulo de salida transfiere su energía al módulo de la entrada o a otros módulos que se encuentren en disposición de almacenar energía.

El sistema de transferencia energética entre módulos con capacidad de almacenar energía de la invención comprende:

- Un convertidor de potencia conmutado al que se conecta/n, en la entrada y en la salida, uno o varios módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica. Este convertidor a su vez comprende una bobina que se conecta con la entrada a través de un interruptor que al cerrarse permite trasvasar parte de energía de la entrada a dicha bobina. Esta bobina se conecta con la salida a través de otro interruptor que al cerrarse permite volcar parte o toda la energía almacenada en la bobina a la salida. La apertura o cierre de los interruptores viene marcado por el valor de la corriente que atraviesa la bobina. El interruptor que conecta la bobina con la entrada se abre cuando la corriente por la bobina alcanza un valor máximo definido, instante en el que el interruptor de salida se cierra para permitir la circulación de corriente entre la bobina y la salida. El convertidor de potencia conmutado también comprende un sensor de corriente que realiza la medida de la corriente que circula a través de la bobina y envía una señal a un bloque generador de pulsos de disparo.

De forma similar, la apertura del interruptor de salida se realiza cuando la corriente por la bobina alcanza un valor mínimo especificado, momento en el que se inicia nuevamente el ciclo con el cierre del interruptor de entrada.

El control de la apertura o cierre de los interruptores se realiza adaptándose a los valores de tensión de entrada y salida presentes en el convertidor de potencia conmutado para minimizar la disipación de potencia en cada instante.

Los módulos o etapas almacenadoras de energía eléctrica, situadas una en la entrada y otra en la salida del convertidor de potencia conmutado, están conectadas en paralelo con condensadores de filtro. Estas etapas pueden realizarse mediante la puesta en paralelo de diversos elementos como pueden ser baterías, supercondensadores, pilas

de hidrógeno u otros elementos con capacidad de almacenar energía y transferirla en forma de corriente eléctrica.

- Dos condensadores de filtro, uno en la entrada y otro en la salida del convertidor de potencia conmutado, para la reducción de las corrientes de alta frecuencia.

5 Preferentemente, los condensadores son de baja resistencia serie, a la frecuencia de conmutación.

- Un circuito de disparo que activa los interruptores del convertidor de potencia conmutado a partir de los pulsos proporcionados por un bloque generador de pulsos de disparo. El circuito de disparo se encarga de aportar la señal adecuada para provocar  
10 la entrada o salida de conducción de los interruptores que forman parte del convertidor de potencia conmutado.

- Un bloque generador de pulsos de disparo de los interruptores del convertidor de potencia conmutado que define los momentos en los que los interruptores del convertidor de potencia conmutado deben cerrarse o abrirse. El bloque generador de pulsos de disparo comprende dos comparadores y un biestable, y limita el valor  
15 máximo y mínimo de la corriente que circula a través de la bobina en función de las señales de referencia proporcionadas desde un bloque de control y de la señal que proporciona el sensor de corriente.

- Un bloque de control encargado de definir los valores de tensión que hay que aplicar  
20 en las entradas no inversoras de los comparadores presentes en el bloque generador de pulsos de disparo ( $V_{I_{Lmax}}$  y  $V_{I_{Lmin}}$ ). Estos valores determinan la corriente máxima y mínima a través de la bobina del convertidor de potencia conmutado en cada instante y se obtienen a partir de las señales proporcionadas por un bloque de adaptación.

- Un bloque de adaptación que ajusta los niveles de tensión de entrada y salida del  
25 convertidor de potencia conmutado al valor máximo de tensión admisible por el bloque de control. En la realización preferente el bloque de adaptación se ha realizado con un divisor resistivo.

Las señales de referencia ( $V_{I_{Lmax}}$ ) e ( $V_{I_{Lmin}}$ ) son proporcionales a la corriente máxima y mínima que circula por la bobina, y están fijadas por el bloque de adaptación y el

bloque de control, en función del punto de trabajo del convertidor de potencia conmutado según las expresiones:

$$VI_{L_{\max}} = k_1 \cdot I_{L_{\max}}$$

$$VI_{L_{\min}} = k_2 \cdot I_{L_{\min}}$$

$$I_{L_{\max}}(t) = I_{L_{\max F}} \cdot \eta(t)$$

$$I_{L_{\min}}(t) = I_{L_{\min F}}$$

$$-I_{L_{\max F}} \cdot \eta(t) < I_{L_{\min F}} < I_{L_{\max F}}$$

5 donde  $I_{L_{\max F}}$  es un parámetro cuyo valor es  $\leq 10 \text{ A/cm}^2$  y  $\eta(t)$  es el rendimiento del convertidor de potencia conmutado en cada instante y en tanto por uno. Las variables  $k_1$  y  $k_2$  toman valores tales que las señales de referencia  $VI_{L_{\min}}$  y  $VI_{L_{\max}}$  no superen los valores máximos de alimentación del bloque generador de pulsos de disparo.

En una realización preferida, el convertidor de potencia conmutado es bidireccional.

10 En otra realización preferida, el convertidor de potencia conmutado es elevador, reductor, o elevador y reductor.

En otra realización preferida, el convertidor de potencia conmutado tiene aislamiento galvánico y más específicamente se compone de varias etapas.

En otra realización preferida, el convertidor de potencia conmutado se compone de varias etapas.

15 En una realización específica, cualquiera de los interruptores del convertidor de potencia conmutado es un diodo.

En otra realización específica, cualquiera de los interruptores del convertidor de potencia conmutado es un IGBT.

20 En otra realización específica, cualquiera de los interruptores del convertidor de potencia conmutado es un mosfet.

En otra realización específica, el sensor de corriente está implementado con componentes analógicos y/o digitales. En una realización más específica, los componentes son una resistencia y un amplificador.

En otra realización específica, el sensor de corriente realiza la medida de la corriente que circula a través de la bobina por estimación a partir de los valores de tensión de entrada y/o de salida del convertidor de potencia conmutado.

En otra realización específica, los condensadores de filtro son de plástico metalizado.

En una realización preferida, el circuito de disparo tiene aislamiento galvánico.

En una realización preferida, los comparadores del bloque generador de pulsos de disparo están implementados con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

En otra realización preferida, el biestable del bloque generador de pulsos de disparo es del tipo RS con entradas activas por nivel bajo. La entrada R se conecta a la salida de un comparador a cuya entrada inversora le llega la tensión de salida del sensor de corriente de la bobina del convertidor de potencia conmutado. A la entrada no inversora de este comparador se proporciona la tensión de referencia que define el valor máximo de la corriente por la bobina. Esta tensión se obtiene a partir del bloque de control. La entrada S del biestable se conecta al drenador de un transistor mosfet que actúa como inversor. Dicho drenador se conecta también a través de una resistencia a la tensión de alimentación. El surtidor se conecta a la masa del circuito y la puerta a la salida de otro comparador cuya entrada inversora también se conecta a la salida del sensor de corriente. La tensión aportada a la entrada no inversora define el valor mínimo de corriente por la bobina del convertidor de potencia conmutado. En esta realización preferente esta entrada no inversora se conecta a la masa del circuito por lo que el valor mínimo de la corriente por la bobina queda definido como 0 A.

En una realización específica, el bloque de control es un microcontrolador en el que se utiliza una salida PWM para generar una onda cuadrada que, a través de un filtro pasa bajos, se lleva a la entrada no inversora del comparador cuya salida determina el estado del Reset del biestable presente en el bloque generador de pulsos de disparo. El

ciclo de trabajo de dicha onda se ajusta para aplicar, a través del filtro pasa bajos formado por una resistencia y un condensador, la tensión que define el valor máximo de la corriente por la bobina. Otra de las salidas del bloque de control se conecta a la entrada no inversora del otro comparador para definir el valor mínimo de la corriente  
5 por la bobina. En la realización preferente se ha ajustado el valor mínimo de la corriente por la bobina a 0 A.

En otra realización preferida, el bloque de adaptación está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

10 Los módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica se pueden materializar mediante varias tecnologías de forma individual. Así, por ejemplo, a los efectos de esta invención y su descripción, los módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica pueden materializarse mediante dos supercondensadores, dos baterías, dos pilas de hidrógeno, dos celdas de deionización capacitiva o varios supercondensadores  
15 combinados entre sí, varias baterías combinadas entre sí, varias pilas de hidrógeno combinadas entre sí, o varias celdas de deionización capacitiva combinadas entre sí. Los módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica también se pueden materializar mediante una combinación de varias tecnologías.

En una realización específica, los módulos con capacidad de almacenar energía  
20 eléctrica son supercondensadores.

En otra realización específica, los módulos con capacidad de almacenar energía son baterías.

En otra realización específica, los módulos con capacidad de almacenar energía son pilas de hidrógeno.

25 En otra realización específica, los módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica son una combinación de supercondensadores y baterías.

En otra realización específica, los módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica son celdas de deionización capacitiva compuestas por dos o más electrodos

conectados en serie y/o en paralelo. En una realización más específica, los electrodos son de placas de material conductor recubiertos por carbón activado. En otra realización más específica, los electrodos son de placas de material conductor recubiertos por nanotubos de carbono. En otra realización más específica, los  
 5 electrodos son de material conductor recubiertos con grafeno.

En otra realización específica, los módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica son una combinación de supercondensadores y/o baterías y/o pilas de hidrógeno y/o celdas de deionización capacitiva.

En una realización preferida, el tiempo empleado en transferir toda la energía de la  
 10 etapa de entrada a la etapa de salida o viceversa es ajustable por el usuario variando del valor de referencia  $VI_{L,max}$ . El tiempo empleado en realizar el trasvase de la energía de la entrada a la salida del convertidor puede ser controlado también a través de la definición del valor de la corriente máxima y mínima. Si se define un aumento del valor de la corriente máxima, la energía trasvasada de la entrada a la bobina aumenta,  
 15 con lo que se necesita menos tiempo para descargar el módulo de entrada. De forma similar al volcar desde la bobina hacia la salida una mayor energía, el módulo de salida se cargará con mayor rapidez.

En otra realización preferida, la corriente máxima y mínima que circula por la bobina del convertidor de potencia conmutado se determina en cada ciclo de conmutación.

20 En otra realización preferida, el valor de la corriente máxima y mínima que circula por la bobina del convertidor de potencia conmutado se promedia durante el proceso de transferencia entre los módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica.

En otra realización preferida, el valor del rendimiento del convertidor de potencia conmutado en cada instante  $\eta(t)$  se obtiene a partir de la tensión de entrada y/o salida  
 25 de dicho convertidor de potencia conmutado.

El sistema de transferencia energética entre módulos de la invención aporta una mejora de rendimiento puesto que el ciclo de trabajo de los interruptores del convertidor de potencia conmutado y el valor máximo y mínimo de la corriente por la bobina de dicho convertidor en cada periodo de conmutación se ajustan al valor que

proporciona el mayor rendimiento energético en función de las tensiones de entrada y salida existentes en el convertidor de potencia conmutado.

En el caso de que los módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica sean módulos o etapas cuyo comportamiento eléctrico es similar al de supercondensadores como los utilizados en procesos de desalinización, el sistema permite que la energía  
 5 almacenada en la etapa desalinizadora conectada en la entrada del convertidor de potencia conmutado pueda transferirse a otra etapa desalinizadora conectada a la salida de dicho convertidor, para que esta última continúe con el proceso de desalinización. La transferencia óptima de la energía entre etapas desalinizadoras  
 10 utilizando el dispositivo de la presente invención reduce al menos cuatro veces el consumo total del proceso de desalinización si se compara con la ósmosis inversa.

Por otra parte, el control del tiempo de transferencia energética entre las etapas o módulos con capacidad de almacenar energía se puede ajustar a las particularidades de la operación de transferencia energética actuando en el valor máximo de la corriente  
 15 por la bobina del convertidor de potencia conmutado.

Utilizando etapas o módulos con capacidad de almacenar energía eléctrica de entrada y/o salida compuestos por la combinación de baterías en paralelo con supercondensadores, se incrementa la capacidad de aportar elevadas corrientes en intervalos cortos de tiempo.

20 La invención es de aplicación en los sectores en los que se diseñen, produzcan y utilicen dispositivos eléctricos o electrónicos para recuperación de energía, como por ejemplo en el sector técnico del material y equipo eléctrico, electrónico y óptico o en el de energía y agua. Más particularmente la invención es de aplicación en el proceso de desalinización o descontaminación de un fluido por deionización capacitiva. Así,  
 25 por ejemplo, las etapas encargadas de retener la sal procedente del agua de mar almacenan energía durante el proceso de deionización y esta energía puede reutilizarse mediante el dispositivo de la invención para reducir el consumo energético del sistema de desalación.

## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La **Fig. 1** representa el esquema, en diagrama de bloques, del sistema objeto de esta invención. El sistema está encargado de transferir la energía almacenada en una etapa o módulo (1) con capacidad de almacenar energía eléctrica a otra etapa o módulo (2) de similares características y viceversa. Dicho sistema comprende dos condensadores de filtro (4) y (5) y un convertidor de potencia conmutado (16) con una bobina (3), y la circuitería de control y disparo de uno o varios interruptores (7) y (8) del convertidor de potencia conmutado (16). Ni la bobina (3) ni el/los interruptor/es (7) y (8) aparecen representados en esta figura. La circuitería de control está compuesta por un bloque de control (14) y un bloque generador de pulsos de disparo (10), junto con el circuito de disparo (9) de los interruptores del convertidor de potencia (16). El control del convertidor de potencia conmutado (16) se realiza utilizando como parámetro de control la corriente por la bobina (3), medida con un sensor de corriente (6) que no aparece representado en el convertidor de potencia conmutado (16). La bobina (3) actúa como elemento almacenador intermedio durante la transferencia del módulo (1) al módulo (2) y viceversa. En cada ciclo de conmutación del convertidor de potencia conmutado (16), parte de la energía de la etapa o módulo (1) se transfiere a la bobina (3) para luego volcarla desde la bobina (3) a la otra etapa o módulo (2).

El bloque de adaptación (15) es el encargado de adaptar los niveles de tensión de los módulos o etapas (1) y (2) a los requeridos por el bloque de control (14) para que éste determine los valores adecuados de las tensiones de referencia  $V_{I_{Lmax}}$ ,  $V_{I_{Lmin}}$ . Los pulsos obtenidos por el bloque generador de pulsos de disparo (10) son adaptados a los requerimientos de los interruptores del convertidor de potencia conmutado (16) mediante el circuito de disparo (9).

La **Fig. 2** muestra un esquema correspondiente a una realización preferente de la invención. El convertidor de potencia conmutado (16) se representa con un rectángulo de línea discontinua en la parte superior y comprende dos interruptores (7) y (8).

La activación de los interruptores (7) y (8) se realiza a través de un circuito de disparo (9), que en la figura se designa con la palabra "Driver". La corriente por la bobina (3) se mide mediante el sensor de corriente (6), representado mediante un pequeño

rectángulo de línea discontinua, que se compone de una resistencia (23) y un amplificador (24), designado con la palabra “Amplif”. Para delimitar el valor máximo y mínimo de la corriente en la bobina (3) se emplea el bloque generador de pulsos de disparo (10) que se representa con un rectángulo de línea discontinua en la parte media de la figura. Este circuito consta de dos comparadores (12) y (13) y un biestable (11) del tipo RS donde S es la entrada de puesta a “uno” del biestable (11), R es la entrada de puesta a “cero”, y Q y  $\bar{Q}$  son las salidas del biestable (11) activas por nivel alto y bajo respectivamente.

El control sobre la referencia de corriente máxima ( $VI_{Lmax}$ ) y mínima ( $VI_{Lmin}$ ) en el bloque generador de pulsos de disparo (10) se realiza desde el bloque de control (14). Este bloque en la realización preferente es un microcontrolador y en esta figura se designa como “Microc”. Estas dos referencias ( $VI_{Lmax}$ ,  $VI_{Lmin}$ ) determinan el valor real máximo y mínimo de la corriente por la bobina (3).

Para determinar los valores adecuados en cada ciclo de conmutación de  $VI_{Lmax}$  y  $VI_{Lmin}$ , el bloque de control (14) recibe la información del bloque de adaptación (15), que se representa con un rectángulo de línea discontinua en la parte inferior de la figura. El bloque de adaptación (15) está compuesto en la realización preferente por dos resistencias (19) y (20). El bloque de adaptación (15) es el encargado de adaptar las tensiones medidas en la entrada y/o salida del convertidor de potencia conmutado (16) a las tensiones manejadas por el bloque de control (14). A partir de los valores de tensión aportados por el bloque de adaptación (15), el bloque de control (14) fija los valores de tensión adecuados ( $VI_{Lmax}$ ,  $VI_{Lmin}$ ) a los comparadores (12) y (13).

### **EXPLICACIÓN DE UN EJEMPLO DE REALIZACIÓN PREFERENTE**

Para una mejor comprensión de la presente invención, se expone el siguiente ejemplo de realización preferente, descrito en detalle, que debe entenderse sin carácter limitativo del alcance de la invención.

El ejemplo de aplicación se basó en la utilización de un convertidor continua-continua elevador-reductor para realizar el trasvase energético entre las etapas o módulos (1) y

(2) de almacenamiento conectados en la entrada y salida. Con la finalidad de minimizar las corrientes de alta frecuencia provocadas por la conmutación de los semiconductores o interruptores (7) y (8) se colocaron, tanto en la entrada como en la salida, dos condensadores de filtro (4) y (5) de plástico metalizado.

5 En esta realización preferente, las etapas o módulos de entrada (1) y salida (2) consistían en módulos de desalinización basados en la deionización capacitiva. Esta técnica consiste en crear la etapa o módulo de desalinización mediante el apilamiento de electrodos de carbón activado. El comportamiento eléctrico de estas etapas o  
10 módulos de entrada (1) y salida (2) usados en desalinizadoras es similar al de un supercondensador. Durante el proceso de desalinización los electrodos de carbón activado capturan los iones de sal gracias a la atracción electrostática generada por el potencial aplicado al módulo desalinizador.

La bobina (3) utilizada trabajó en el límite entre el modo de conducción continuo y discontinuo. La corriente por la bobina (3) se midió mediante una resistencia (23) de  
15 20 m $\Omega$  y un amplificador (24) del tipo MAX4172, el cual aportaba una tensión proporcional a la corriente comprendida entre 0 y 5 V. El valor máximo y mínimo de la corriente por la bobina (3) en cada ciclo de conmutación se fijó mediante el bloque generador de los pulsos de disparo (10). En esta realización preferente se fijó la corriente mínima por la bobina (3) a 0 A, y para obtener esta condición el terminal  
20 positivo del comparador (13) se hubo de poner a 0 V.

Durante el arranque del circuito, el bloque de control (14), materializado con un microcontrolador, aplicó un pulso positivo (+5 V) de corta duración (<10  $\mu$ s) en la patilla positiva del comparador (13) y, como consecuencia, el comparador (13) transfirió dicho pulso a un transistor mosfet (17) invirtiendo la señal y activando el set  
25 (S) del biestable (11), que era del tipo RS. La salida Q del biestable (11) se puso en estado alto y a través del circuito de disparo (9), materializado en un driver, se disparó el interruptor (8). Por el contrario, la salida Q negada se encontraba en estado bajo, por lo que el driver (9) forzó cero voltios entre puerta y surtidor del interruptor (7), quedando en corte.

Una vez superado el proceso de arranque del convertidor de potencia conmutado (16), el terminal positivo del comparador (13) se fijó a 0 V mientras que el terminal negativo aumentaba de tensión progresivamente a medida que la corriente por la bobina (3) aumentaba. Por lo tanto, la salida del comparador (13) quedaba en estado bajo y la entrada set del biestable (11) no se activaba al mantenerse en estado alto (+5 V). Como resultado de esta situación, el interruptor (8) se encontraba cerrado mientras que el interruptor (7) se mantuvo cortado, lo que provocó la transferencia de energía de la etapa desalinizadora (1) hacia la bobina (3) aumentando la corriente que manejaba.

La determinación del valor de la corriente máxima se realizó comparando el valor de referencia  $V_{I_{Lmax}}$  con el valor de tensión generado por el amplificador (24) proporcional a la corriente por la bobina (3). Mientras el valor de referencia  $V_{I_{Lmax}}$  fuese superior a la tensión en el terminal negativo del comparador (12), éste saturaría a positivo y el reset del biestable (11) estaría desactivado. Cuando la corriente por la bobina (3) alcanzó el valor máximo, la tensión proporcionada por el amplificador (24) tendió a superar el valor de referencia  $V_{I_{Lmax}}$ . El comparador (12) ante esta situación proporcionó 0 V a la entrada de reset del biestable (11) lo que provocó el cambio de estado: la salida Q se puso a cero lógico y Q negada a uno lógico. Estas nuevas señales se llevaban a través del circuito de disparo o driver (9) a los transistores mosfet quedando el interruptor (8) bloqueado y el interruptor (7) en conducción, iniciándose el proceso de descarga de la bobina (3) sobre la etapa de salida o módulo (2).

La corriente en este nuevo estado comenzó a decrecer linealmente ya que los módulos (1) y (2) desalinizadores tienen un comportamiento de fuente de tensión a la frecuencia de conmutación del convertidor de potencia (16). Mientras la corriente no alcanzara el paso por cero, el comparador (13) tendría en el terminal negativo una tensión mayor que la fijada por el bloque de control o microcontrolador (14) en el terminal positivo. Por lo tanto, el mosfet (17) estaría bloqueado y el set del biestable (11) se fijaría a +5 V. De igual forma, el comparador (12) tendría mayor tensión en la entrada positiva que en la negativa, fijando la entrada reset del biestable (11) a +5 V. Los interruptores (8) y (7) mantuvieron su estado de bloqueo y conducción

respectivamente hasta que la corriente por la bobina (3) alcanzó el paso por cero y tendió a ser negativa. En ese instante, el comparador (13) cambió de estado provocando la conducción del mosfet (17) y como consecuencia se activó el set del biestable (11) pasando la salida Q a estado alto y la Q negada a estado bajo. Estas dos  
 5 señales se transfirieron a través del circuito de disparo (9) y provocaron la entrada en conducción del interruptor (8) y el bloqueo del interruptor (7), iniciándose un nuevo ciclo en el que la corriente por la bobina (3) volvía a crecer linealmente.

El bloque de control (14), materializado con un microcontrolador, tenía la función de fijar el valor de tensión correspondiente al parámetro  $V_{I_{Lmin}}$  que en esta realización  
 10 preferente se asignó 0 V. El valor de la tensión correspondiente al parámetro  $V_{I_{Lmax}}$  se obtuvo a partir de la salida PWM del bloque de control o microcontrolador (14). Se ajustó el valor del ciclo de trabajo  $d=t_{ON}/T$ , siendo  $t_{ON}$  el tiempo que dicha salida estuvo a +5 V y T el periodo. Se incorporó un filtro pasa bajos mediante una resistencia (21) y un condensador (22) para obtener el valor medio de la onda  
 15 cuadrada generada por el bloque de control (14) en la salida PWM. Para esta realización preferente con  $d=4/5$  se obtuvo una corriente máxima en la bobina (3) de 5 A. La relación entre d y la corriente por la bobina (3) era lineal. Si  $d=0$  la corriente también era cero.

Para determinar el valor adecuado del ciclo de trabajo “d”, el bloque de control (14)  
 20 medía la tensión del módulo o etapa desalinizadora (1) a través de las resistencias (19) y (20). En esta realización preferente se fijó una relación entre la corriente máxima por la bobina (3) y la tensión del módulo o etapa (1) definida por la expresión:

$$i_{Lmax} = 2 - \frac{1}{5} u_1$$

donde  $i_{Lmax}$  era la corriente máxima por la bobina (3) y  $u_1$  la tensión en el módulo o  
 25 etapa desalinizadora (1).

El bloque de control (14) tenía la misión de fijar el nivel de tensión correspondiente al parámetro  $V_{I_{Lmin}}$ , que en esta realización preferente era 0 V, y el ciclo de trabajo “d” de la onda cuadrada generada en la salida PWM según fuera el valor de la tensión de entrada al convertidor de potencia conmutado (16), tal y como se ha definido en las

relaciones entre la corriente por la bobina (3), la tensión en el módulo o etapa desalinizadora (1) y el ciclo de trabajo “d”.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de transferencia energética entre módulos con capacidad de almacenar energía, que comprende:
- 5                   - un convertidor de potencia conmutado (16), al que se conecta/n, en la entrada y en la salida, uno o varios módulos (1) y (2) con capacidad de almacenar energía eléctrica, que a su vez comprende una bobina (3), dos interruptores (7) y (8), y un sensor de corriente (6) que realiza la medida de la corriente que circula a través de la bobina (3) y envía una señal a un bloque generador de pulsos de disparo (10);
  - 10                  - dos condensadores de filtro (4) y (5) que eliminan la componente de alta frecuencia de la corriente, emplazados a la entrada y salida del convertidor de potencia conmutado (16);
  - un circuito de disparo (9) que activa los interruptores (7) y (8) del convertidor de potencia conmutado (16) a partir de los pulsos proporcionados por un bloque generador de pulsos de disparo (10);
  - 15                  - un bloque generador de pulsos de disparo (10) de los interruptores (7) y (8) del convertidor de potencia conmutado (16), con dos comparadores (12) y (13) y un biestable (11), que limita el valor máximo y mínimo de la corriente que circula a través de la bobina (3) en función de las señales de referencia proporcionadas desde un bloque de control (14) y de la señal que proporciona el sensor de corriente (6);
  - 20                  - un bloque de control (14) que genera las señales de referencia  $V_{Lmax}$ ,  $V_{Lmin}$ , proporcionales a la corriente máxima y mínima que circula por la bobina (3), y que se obtienen a partir de las señales proporcionadas por un bloque de adaptación (15);
  - 25                  - un bloque de adaptación (15) que toma la medida de las tensiones de entrada y salida del convertidor de potencia conmutado (16) y las envía

al bloque de control (14) adaptadas a los requerimientos de tensión y corriente demandados por el bloque de control (14);

5 caracterizado por que las señales de referencia ( $VI_{Lmax}$ ) e ( $VI_{Lmin}$ ), proporcionales a la corriente máxima y mínima que circula por la bobina (3), están fijadas por el bloque de adaptación (15) y el bloque de control (14), en función del punto de trabajo del convertidor de potencia conmutado (16) según las expresiones:

$$VI_{Lmax}(t) = k_1 \cdot I_{Lmax}(t)$$

$$VI_{Lmin}(t) = k_2 \cdot I_{Lmin}(t)$$

$$I_{Lmax}(t) = I_{LmaxF} \cdot \eta(t)$$

$$I_{Lmin}(t) = I_{LminF}$$

$$-I_{LmaxF} \cdot \eta(t) < I_{LminF} < I_{LmaxF}$$

10 donde  $I_{LmaxF}$  es un parámetro cuyo valor es  $\leq 10 \text{ A/cm}^2$ ,  $\eta(t)$  es el rendimiento del convertidor de potencia conmutado (16) en cada instante y en tanto por uno, y  $k_2$  y  $k_1$  son dos variables que definen la relación entre la corriente por la bobina máxima y mínima y las señales de referencia  $VI_{Lmax}$  y  $VI_{Lmin}$  para evitar que se superen los valores máximos de alimentación del bloque generador de pulsos de disparo (10).

- 15 2. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el convertidor de potencia conmutado (16) es bidireccional.
3. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el convertidor de potencia conmutado (16) es elevador, reductor, o elevador y reductor.
4. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el convertidor de potencia conmutado (16) tiene aislamiento galvánico.
- 20 5. Sistema según la reivindicación 1 ó 4 caracterizado por que el convertidor de potencia conmutado (16) se compone de varias etapas.

6. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que cualquiera de los interruptores (7) y (8) es un diodo.
7. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que cualquiera de los interruptores (7) y (8) es un IGBT.
- 5 8. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que cualquiera de los interruptores (7) y (8) es un mosfet.
9. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el sensor de corriente (6) está implementado con componentes analógicos y/o digitales.
- 10 10. Sistema según la reivindicación 9 caracterizado por que los componentes son una resistencia (23) y un amplificador (24).
11. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el sensor de corriente (6) realiza la medida de la corriente que circula a través de la bobina (3) por estimación a partir de los valores de tensión de entrada y/o de salida del convertidor de potencia conmutado (16).
- 15 12. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que los condensadores de filtro (4) y (5) son de plástico metalizado.
13. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el circuito de disparo (9) tiene aislamiento galvánico.
- 20 14. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que los comparadores (12) y (13) están implementados con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.
- 25 15. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el biestable (11) es del tipo RS, con la entrada R conectada a la salida de un comparador (12), a cuya entrada inversora le llega la tensión de salida del sensor de corriente (6) y a cuya entrada no inversora le llega la señal  $V_{I_{Lmax}}$  de referencia proporcionada por el bloque de control (14), y con la entrada S conectada con el drenador de un transistor mosfet (17) que actúa como inversor, cuyo drenador también se

- 5 conecta a través de una resistencia (18) a la tensión de alimentación, cuyo  
surtidor se conecta a la masa del circuito y cuya puerta se conecta a la salida de  
otro comparador (13) cuya entrada inversora también se conecta a la salida del  
sensor de corriente (6) y cuya entrada no inversora le llega la señal  $V_{I_{Lmin}}$  de  
referencia proporcionada por el bloque de control.
16. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el bloque de control  
(14) es un microcontrolador.
17. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el bloque de adaptación  
(15) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante  
10 bloques funcionales de programa o programas de software.
18. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que los módulos (1) y/o (2)  
son supercondensadores.
19. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que los módulos (1) y/o (2)  
son baterías.
- 15 20. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que los módulos (1) y/o (2)  
son pilas de hidrógeno.
21. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que los módulos (1) y/o (2)  
son celdas de deionización capacitiva compuestas por dos o más electrodos  
conectados en serie y/o en paralelo.
- 20 22. Sistema según la reivindicación 21 caracterizado por que los electrodos son de  
placas de material conductor recubiertos por carbón activado.
23. Sistema según la reivindicación 21 caracterizado por que los electrodos son de  
placas de material conductor recubiertos por nanotubos de carbono.
24. Sistema según la reivindicación 21 caracterizado por que los electrodos son de  
25 material conductor recubiertos con grafeno.

25. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que los módulos (1) y (2) son una combinación de supercondensadores y/o baterías y/o pilas de hidrógeno y/o celdas de deionización capacitiva.
- 5 26. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el tiempo empleado en transferir toda la energía de la etapa (1) a la (2) o viceversa es ajustable por el usuario.
27. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que la corriente máxima y mínima que circula por la bobina (3) del convertidor de potencia conmutado (16) se determina en cada ciclo de conmutación.
- 10 28. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el valor de la corriente máxima y mínima que circula por la bobina (3) del convertidor de potencia conmutado (16) se promedia durante el proceso de transferencia entre los módulos (1) y (2) con capacidad de almacenar energía eléctrica.
- 15 29. Sistema según la reivindicación 1 caracterizado por que el valor del rendimiento del convertidor de potencia conmutado (16) en cada instante  $\eta(t)$  se obtiene a partir de la tensión de entrada y/o salida del convertidor de potencia conmutado (16).

FIG. 1

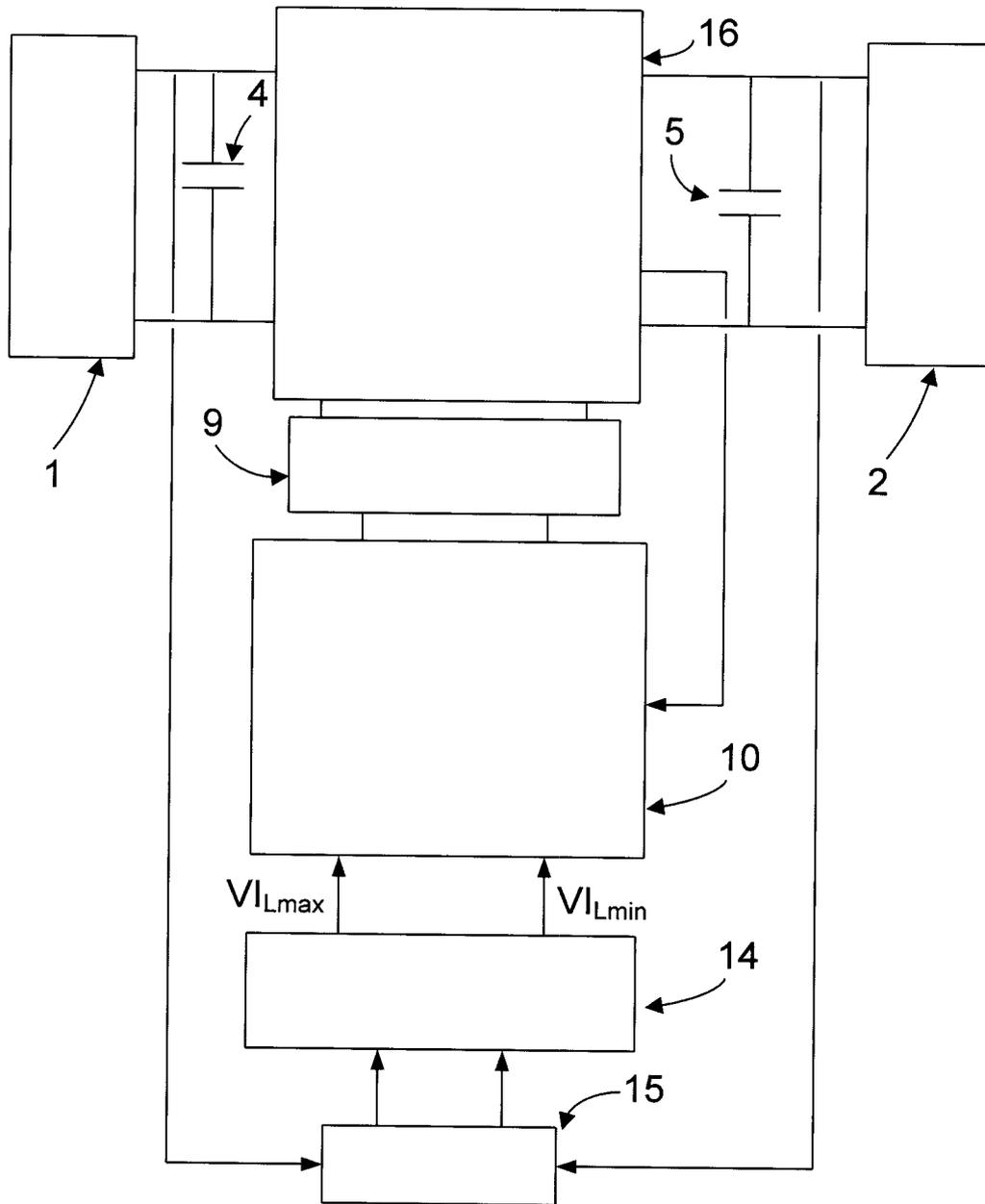
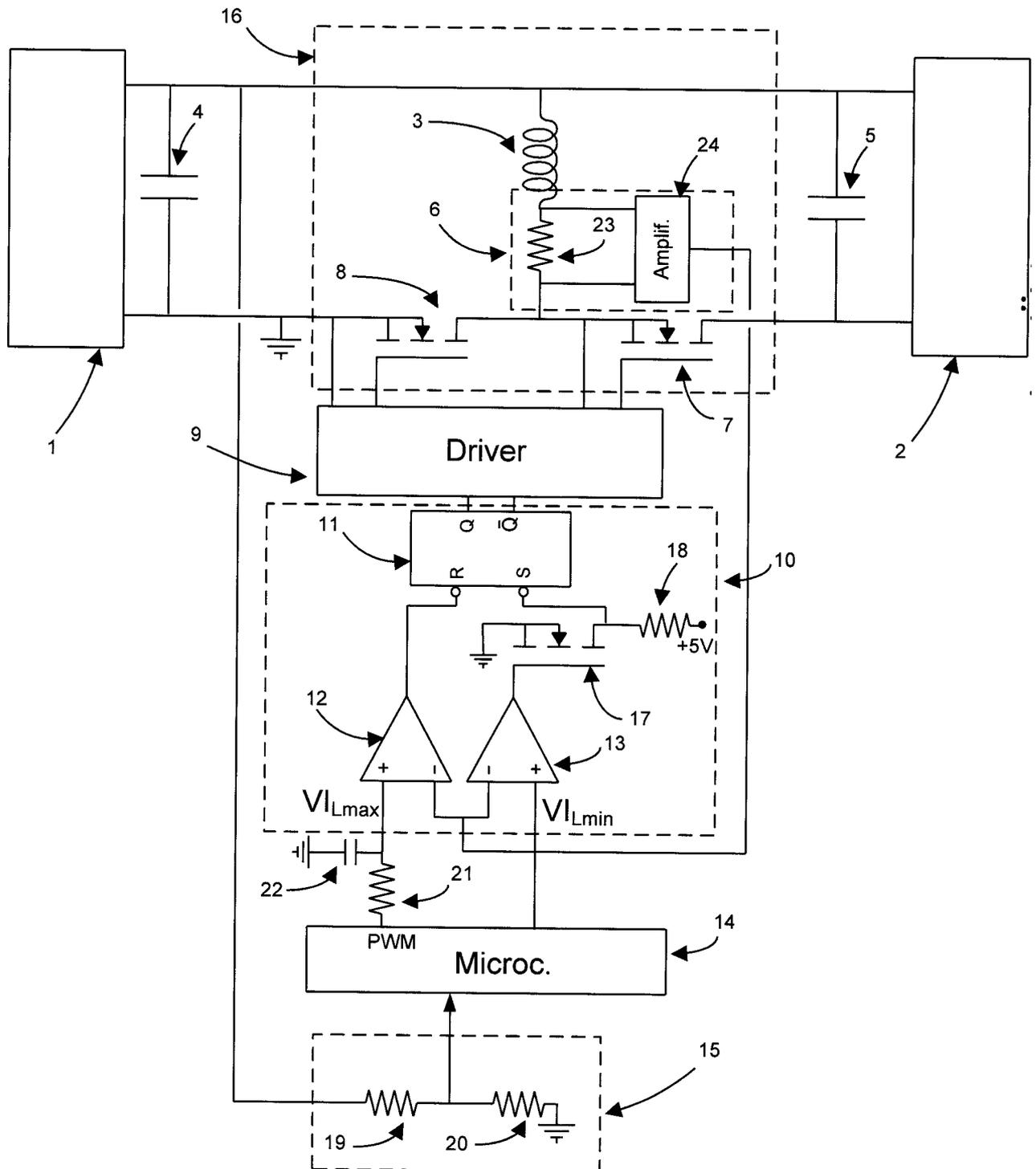


FIG. 2





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201200703

②② Fecha de presentación de la solicitud: 02.07.2012

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **H02M3/156** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	A. PERNÍA et al., "Up Down Converter for Energy Recovery in a CDI Desalination System", IEEE Transactions on Power electronics, Vol 27, nº 7 2012, páginas 3257-3265, IEEE Piscataway, NJ, USA, 01.07.2012. ISSN 0885-8993. Todo el documento	1-29
A	M. ALKURAN et al. "Utilization of a buck boost converter and the method of segmented capacitors in a CDI water purification system". 12th International Middle-East, Power System Conference, 2008. MEPCON 2008, páginas 470-474. .IEEE Piscataway, NJ, USA. 12.03.2008. ISBN 978-1-4244-1933-3. Todo el documento.	1-29
A	US 6243277 B1 (ROCKWELL COLLINS, INC.) 05.06.2001, resumen; figuras 4,5,7; columna 6, líneas 24-53.	1-29

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
18.10.2012

Examinador  
M. Rivas Sáiz

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H02M, H02J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 18.10.2012

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-29	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-29	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	A. PERNÍA et al., "Up Down Converter for Energy Recovery in a CDI Desalination System", IEEE Transactions on Power electronics, Vol 27, nº 7 2012, páginas 3257-3265, IEEE Piscataway, NJ, USA, 01.07.2012. ISSN 0885-8993. Todo el documento	01.07.2012
D02	M. ALKURAN et al. "Utilization of a buck boost converter and the method of segmented capacitors in a CDI water purification system". 12th International Middle-East, Power System Conference, 2008. MEPCON 2008, páginas 470-474. .IEEE Piscataway, NJ, USA. 12.03.2008. ISBN 978-1-4244-1933-3. Todo el documento.	12.03.2008
D03	US 6243277 B1 (ROCKWELL COLLINS, INC.)	05.06.2001

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

D01 se considera el documento más próximo del estado de la técnica a la invención solicita.

Con relación a la reivindicación 1, D01 describe un sistema de transferencia de energía entre módulos con capacidad de almacenar energía que comprende:

- un convertidor de potenciar conmutado, en este caso un reductor-elevador y en el que se mide la corriente por bobina
- un circuito de disparo
- un bloque generador de pulsos de disparo
- un bloque de control

El control utilizado es un control de histéresis por corriente de pico, al igual que en la reivindicación 1.

D01 analiza la influencia de los límites de corriente del control de histéresis en el rendimiento del convertidor y el tiempo de transferencia de energía e indica que se debe tomar una solución de compromiso.

La principal diferencia entre D01 y la reivindicación 1 es que la reivindicación 1 establece el límite superior de la corriente por la bobina del control de histéresis, como un valor proporcional al rendimiento. El efecto técnico de esta diferencia es, mediante un control de histéresis de corriente, modificar el punto de trabajo del convertidor (potencia transferida) para mantener el rendimiento. El problema técnico es como modificar el punto de trabajo del convertidor para mantener el rendimiento utilizando un control por histéresis de corriente.

Este problema, ni su solución están planteados en D01.

De la misma manera D02 y D03 establecen sistema de transferencia de energía entre módulos con capacidad de almacenamiento, al igual que en D01, se definen distintos elementos como el convertidor de potencia, circuito de disparo etc... Ninguno de los dos documentos enuncia el problema técnico anteriormente indicado.

Por tanto, la reivindicación 1 cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva (Artículos 6 y 8 LP.).

Las reivindicaciones dependientes de la 2 a la 29 no también nuevas e implican actividad inventiva (Artículos 6 y 8 LP.).