



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 255 837**

⑫ Número de solicitud: 200402357

⑬ Int. Cl.:
H02M 5/458 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION

B1

⑮ Fecha de presentación: **05.10.2004**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **01.07.2006**

Fecha de la concesión: **20.06.2007**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **16.07.2007**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.07.2007

⑲ Titular/es: **Universidad de Alcalá
Plaza de San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares, Madrid, ES**

⑳ Inventor/es: **Rodríguez Sánchez, Francisco Javier;
Bueno Peña, Emilio;
Espinosa Zapata, Felipe y
Cóbreces Álvarez, Santiago**

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel.**

㉓ Resumen:

Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel. La presente invención se refiere al desarrollo de un controlador electrónico para un convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel, dando lugar a un conjunto formado por un convertidor de potencia y un sistema electrónico digital de control. El convertidor electrónico está formado por dos convertidores de tres niveles (NPC) conectados a través de un DC-bus común y con conexión a la red eléctrica y a la máquina de corriente alterna. El controlador electrónico está formado por un hardware de dos tarjetas comerciales (DSP y FPGAs) y otra tarjeta diseñada específicamente para el control de interface. Se incorpora el software avanzado correspondiente con el desarrollo de nuevos algoritmos que permite el control del convertidor conectado a la red y el del conectado a la maquinaria, capacitando al sistema para entregar o consumir energía de la red eléctrica cumpliendo con las normas de calidad exigidas.

ES 2 255 837 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel.

5 **Sector de la técnica**

La invención se encuadra en el sector técnico de los controladores electrónicos. Más concretamente en los controladores electrónicos destinados al control de convertidores electrónicos de potencia, para optimizar la calidad de la energía demandada o entregada a la red eléctrica.

10 **Estado de la técnica**

Los convertidores multinivel existentes en el mercado difícilmente cumplen la normativa actual sobre calidad de energía inyectada en la red eléctrica, en especial en lo relativo a los huecos de tensión. En este invento se presenta un controlador electrónico que permite controlar, de manera bidireccional, un convertidor basado en dos inversores multinivel, cumpliendo, al mismo tiempo, con las exigencias actuales de calidad de señal.

Si bien el controlador objeto de este invento se basa en sistemas electrónicos digitales conocidos (DSP's -Digital Signal Processing- y FPGA's Field Programming Gate Array), presenta la novedad de permitir la interconexión de ambos, haciendo posible la ejecución de los algoritmos de control diseñados en el invento, de forma paralela, lo que supone una solución nueva que los distintos fabricantes no aportan.

Por otro lado, para controlar un convertidor electrónico de media y alta potencia, se precisan sistemas de interface entre los procesadores de control (basados en DSP's y FPGA's) y los dispositivos electrónicos de potencia. En esta invención se presenta también un sistema electrónico que realiza esta tarea. En el mercado, resulta fácil conseguir tarjetas procesadoras de DSP's o FPGA's, pero el conjunto del sistema controlador de este invento, con alta capacidad de proceso, fácil configuración y adaptación a un controlador de media potencia, no existe.

Finalmente los controladores de los convertidores de potencia requieren de algoritmos de control adecuados para cumplir los objetivos de calidad de energía entregada. Aunque son muchos los algoritmos existentes, en este invento, formando parte del programa de controlador, se incluyen nuevos algoritmos para conseguir la bidireccionalidad de la transferencia de energía entre la carga y la red, cumpliendo las normas de calidad. El conjunto controlador más convertidor, que recibe el nombre CONDOR CONVERTER, optimiza la calidad de las corrientes demandadas o entregadas a la red eléctrica, por lo que es muy útil para sistemas de conversión de energías renovables.

35 **Descripción de la invención**

La invención se encuadra en el sector técnico de los controladores electrónicos destinado al control de sistemas electrónicos de potencia. La Fig. 1 representa el diagrama de bloques del Sistema Electrónico de Control diseñado (referenciado como módulo II en la Fig. 1) y del Sistema de Electrónica de Potencia al que se conecta (referenciado como módulo I en la Fig. 1). La estructura completa recibe el nombre del CONDOR CONVERTER.

Como se muestra en la Fig. 1, el módulo II se divide en seis bloques, conformando, por un lado, un sistema coprocesador (bloques 4, 5 y 6), de otro, una interface (bloques 1, 2 y 3) entre el sistema coprocesador y el sistema de Electrónica de Potencia (módulo I) y por último de un bloque (7) para comunicarse vía USB con un sistema exterior de supervisión y generación de consignas.

Los bloques 1, 2 y 3 de la figura 1 han sido desarrollados completamente por los inventores, y realiza: la conversión analógica-digital de todas las señales empleadas por el controlador, la transmisión y recepción óptica de las señales de los driver's de los IGBT's, y el resto de funciones relacionadas con el interface entre el sistema de control y el sistema de electrónica de potencia.

Para el sistema coprocesador (bloques 4, 5 y 6 de la Fig. 1), la solución propuesta emplea una tarjeta comercial de evaluación del DSP TMS6713 (bloque 6) y otra tarjeta comercial de una FPGA SPARTAN II (bloque 4). Los inventores han desarrollado la tarjeta de comunicación entre las dos tarjetas anteriores (bloque 5) y la tarjeta para comunicaciones por puerto USB (bloque 7) con un sistema exterior de supervisión.

Además el software que permite el correcto funcionamiento de los bloques 4, 5, 6 y 7 ha sido realizado completamente por los inventores.

El módulo II se conecta al módulo I según se muestra en la Fig. 1. En el módulo I se representa la estructura de los dos convertidores empleados. VSC1 y VSC2 son los dos inversores multinivel de 3 niveles, con topología NPC (Neutral-Point-Clamped). Estos inversores están conectados a través de un DC-bus común. La Fig. 2 muestra el diagrama de bloques de la parte del convertidor electrónico de potencia. PCC es el punto de conexión del convertidor con la red eléctrica. El conjunto formado por los contactores auxiliar y principal (indicado como CAP en la Fig. 2) más la resistencia facilita la carga suave de los condensadores del DC-bus. El filtro de conexión a la red eléctrica es un filtro LCL, el cual reduce el contenido armónico de las corrientes que se entregan a la red eléctrica. En la Fig. 2 también se representa un rectificador auxiliar (RA), que tiene varias aplicaciones. En el caso de usar el sistema únicamente

ES 2 255 837 B1

para excitar el Motor AC, el rectificador se emplea como convertidor conectado a la red eléctrica y el sistema pasa a ser unidireccional, con lo que el VSC 1 no trabaja con esta estructura. Otra opción es desconectar el rectificador del DC-bus (puntos P-N), y emplearlo como carga no lineal. De esta forma, el VSC1 trabaja como inversor controlado. Con esta estructura, si se le conecta una carga genérica al rectificador auxiliar, se puede usar el sistema para realizar ensayos del convertidor como filtro activo.

Características técnicas del convertidor

Potencia del convertidor: 100KVA
Tensión nominal: 400VAC
Valor de los componentes del filtro LCL: $L_1 = 0.5 \text{ mH} / 175 \text{ Arms}$
 $L_2 = 0.25 \text{ mH} / 150 \text{ Arms}$
 $C_o = 100 \mu\text{F} / 400 \text{ VAC}$

$C_{dc1} = C_{dc2} = 700 \mu\text{F} / 750 \text{ Vdc}$
IGBT's: FD300R12KE3
DF300R12KE3

Aplicaciones

La estructura del CONDOR CONVERTER optimiza la calidad de las corrientes demandadas o entregadas a la red eléctrica, por lo que es muy útil para sistemas de conversión de energías renovables.

La aplicación fundamental de este tipo de convertidores es la conversión de energías renovables, fundamentalmente energía eólica. Al conectarse el VSC2 al estátor del motor AC éste manejará toda la potencia puesta en juego por el sistema. Esto tiene la ventaja de controlar toda la energía entregada a la red. Además, y gracias al software desarrollado para el VSC conectado a la red eléctrica, el sistema es capaz de entregar o consumir energía de la red eléctrica cumpliendo las normativas vigentes sobre calidad de energía entregada a la red.

Otra posible aplicación es como prototipo para tareas de investigación de excitación y control de convertidores de media potencia. Por un lado el sistema de potencia es capaz de manejar media potencia, con lo cual los resultados obtenidos se pueden aproximar sin cometer excesivos errores al de un sistema de alta potencia. Por otro lado, el sistema electrónico digital de control empleado está sobredimensionado, tiene una capacidad de cálculo muy elevada, y además resulta fácil conectarlo a un PC como herramienta de depuración de software. Todo esto le convierte en una herramienta ideal para investigar el resultado de diferentes algoritmos de control aplicados al convertidor de potencia.

Otras aplicaciones del sistema implementado son tracción eléctrica (trenes, tranvías, coches híbridos, etc.), conversión de energía a partir de células de hidrógeno, etc.

Ventajas del invento

La solución de control propuesta, que resulta ser una mezcla de tarjetas desarrolladas por los inventores, tarjetas comerciales y software desarrollado por los inventores permite resolver de forma óptima el problema del control de los convertidores electrónicos de potencia de media y alta potencia. Gracias a la potencia de cálculo y la capacidad de adquisición del sistema, permite que la fase de desarrollo del sistema sea rápida y fácil.

Este sistema tiene un campo de aplicación muy importante, debido a que como se ha indicado en el apartado de las aplicaciones, se destina al control de convertidores electrónicos de potencia para energías renovables. Las energías renovables al final de esta década supondrán un 12% de la energía total consumida en España.

Otro hecho importante de este invento es que soluciona de forma óptima el problema del control de convertidores electrónicos de potencia. En el mercado, resulta fácil conseguir tarjetas procesadoras de DSP's o FPGA's, pero el conjunto del sistema controlador desarrollado, con las prestaciones descritas, no existe.

Además, el invento descrito incorpora un canal de comunicación de alta velocidad para intercambiar consignas y muestras de las señales que se están controlando, con un sistema exterior de supervisión, como por ejemplo un PC. Por extensión, el invento dispone de todo lo necesario para permitir una supervisión remota a través de Internet, empleando los estándares de comunicación vigentes en la actualidad o que se desarrollen en un futuro.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra el esquema general del invento, separado en dos módulos. El módulo I se corresponde con el Sistema Electrónico de Potencia y el módulo II con el Sistema Electrónico de Control.

La figura 2 muestra el diagrama de bloques del Sistema Electrónico de Potencia objeto del control.

Modo de realización

El objeto del invento es el controlador electrónico, denominado módulo II en la Fig. 1.

Este módulo está formado por:

- “Tarjeta Coprocesadora” (bloques 4, 5, 6 y 7 de la Fig. 1).
- “Tarjeta interface coprocesador-Sistema de Electrónica de Potencia” (bloques 1, 2 y 3 de la Fig. 1).

La “Tarjeta Coprocesador” está basada en una tarjeta comercial de evaluación del DSP TMS6713 y otra tarjeta comercial de una FPGA SPARTAN II. El DSP y la FPGA de cada una de las tarjetas son dispositivos programables. Las funciones que realizan los algoritmos desarrollados son las siguientes:

- En el DSP se ejecutan todos los algoritmos de control tanto del VSC1 (control de corriente, control del DC-bus, etc.) como el del VSC2 (control vectorial del motor AC, etc.).
- Los algoritmos de control están desarrollados en el sistema operativo en tiempo real DSP BIOS.
- En el DSP se ejecutan los algoritmos necesarios para enviar por el canal de comunicación de alta velocidad las muestras de las señales más significativas del módulo de potencia (módulo I en la Fig. 1) de modo que puedan visualizarse en un ordenador de supervisión exterior.

La FPGA genera las señales PWM de los convertidores y además genera todas señales de control de los periféricos empleados en el sistema de control. También genera las temporizaciones del sistema y el software de comunicación con el DSP.

La “Tarjeta interface coprocesador-Sistema de Electrónica de Potencia” (módulos 1, 2 y 3 de la Fig. 1) se construye con ADC’s (Analog Digital Converter), transmisores y receptores ópticos y relés. Los ADC’s realizan la adquisición de las señales del convertidor. Los transmisores y receptores ópticos se usan para transmitir las señales de los driver’s de los IGBT’s con la tarjeta coprocesadora. Éstos aseguran un correcto aislamiento entre el convertidor y el sistema de control. Los relés actúan sobre la puesta en marcha del convertidor, carga de condensadores, etc.

REIVINDICACIONES

1. Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel, **caracterizado** porque está formado por cuatro tarjetas hardware para procesado, control y adquisición de señales de convertidores, incorporando un nuevo sistema coprocesador.

2. Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel, según la reivindicación 1, que se **caracteriza** por un sistema coprocesador capaz de enlazar dos tarjetas comerciales, una basada en DSP y la otra en FPGAs (Fig. 1) y por otra tarjeta diseñada específicamente para control de interface (Fig. 1).

3. Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel, según las reivindicaciones 1 y 2, que se **caracteriza** por disponer de un software avanzado, con incorporación de nuevos algoritmos, que realiza tres funciones principales: control del convertidor conectado a la red, control del convertido conectado al generador y control del sistema de análisis y procesado de las señales.

4. Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel, según las reivindicaciones 1, 2 y 3, que comprende dos convertidores de tres niveles (NPC) conectados a través de un DC-bus común, uno de ellos está conectado a la red eléctrica a través de un filtro LCL y el otro está conectado a una máquina de corriente alterna.

5. Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel, según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque es un sistema de control para convertidor multinivel bidireccional de media potencia, capaz de entregar o consumir energía de la red eléctrica y estar orientado a la interconexión de generados eólicos a la red, cumpliendo las normativas vigentes sobre calidad de energía entregada a la red.

6. Controlador electrónico para convertidor de potencia, bidireccional, basado en dos inversores multinivel, según las reivindicaciones anteriores, cuyas aplicaciones más importantes son: interconexión de generadores eólicos, energía fotovoltaica, tracción eléctrica, células de hidrógeno y aplicación a la investigación y desarrollo tecnológico en laboratorios.

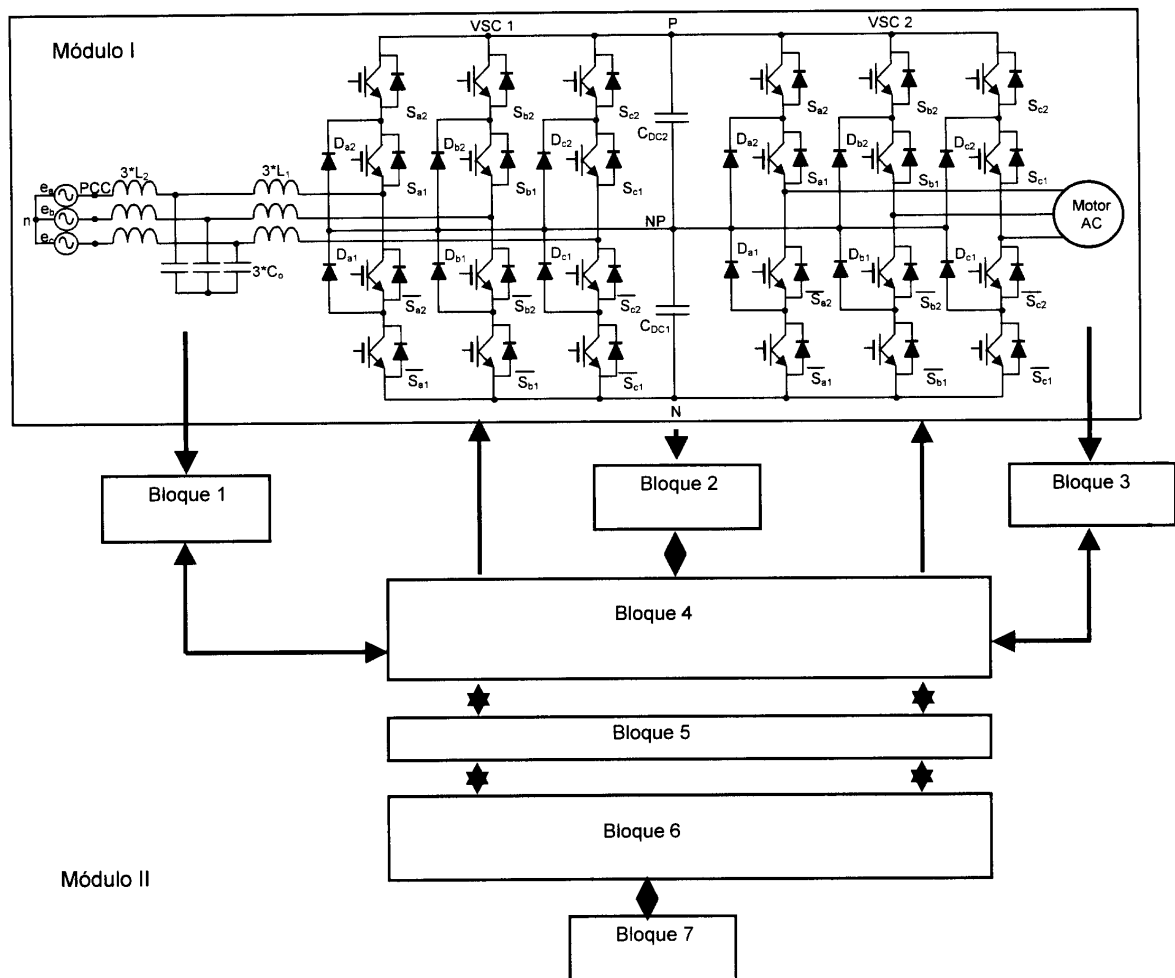


Fig. 1.

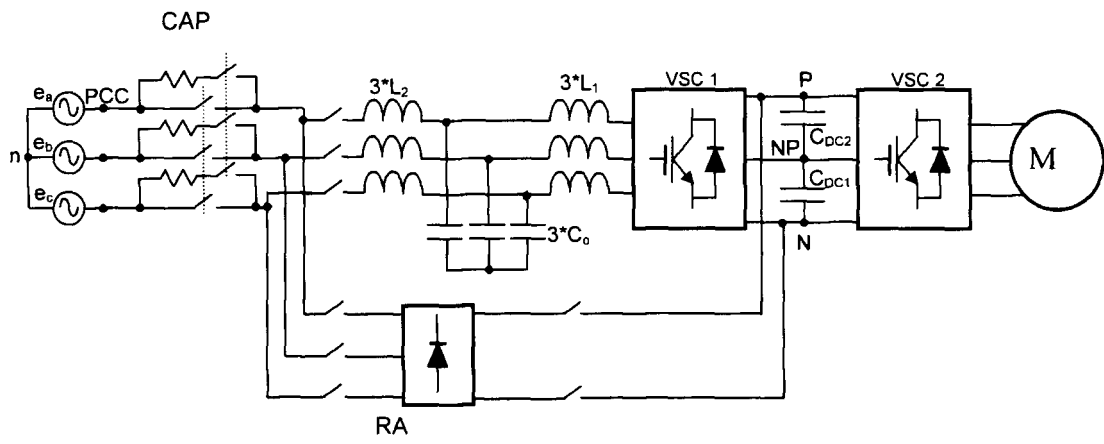


Fig. 2.



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 255 837

⑫ Nº de solicitud: 200402357

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 05.10.2004

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: H02M 5/458 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 4879639 A (TSUKAHARA) 07.11.1989, todo el documento.	1,3,4
Y	US 4870556 A (INABA et al.) 26.09.1989, todo el documento.	1,3,4
A	FR 2780214 A1 (COUPAIN MOLINA ET ASSOCIES S.L.) 24.12.1999, todo el documento.	1-6

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

05.06.2006

Examinador

J. Botella Maldonado

Página

1/1