

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 364 308**

21 Número de solicitud: 201000223

51 Int. Cl.:

H05B 33/08 (2006.01)

H03K 7/08 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación: **19.02.2010**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **31.08.2011**

Fecha de la concesión: **01.03.2012**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **13.03.2012**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:
13.03.2012

73 Titular/es:
**UNIVERSIDAD DE OVIEDO
PLAZA DE RIEGO, 4 - EDIFICIO HISTÓRICO
33003 OVIEDO, ASTURIAS, ES**

72 Inventor/es:
**GACIO VAQUERO, DAVID;
ALONSO ALVAREZ, JOSE MARCOS;
CAMPA MONTESERIN, LIDIA;
CRESPO RAMOS, MARIO y
RICO SECADES, MANUEL**

74 Agente/Representante:
No consta

54 Título: **SISTEMA DE DIMMING PWM EN SERIE A ALTA FRECUENCIA PARA APLICACIÓN EN
CONVERTIDORES DE DINÁMICA LENTA PARA LÁMPARAS DE ESTADO SÓLIDO.**

57 Resumen:

Sistema de dimming PWM en serie a alta frecuencia para aplicación en convertidores de dinámica lenta para lámparas de estado sólido. sistema de dimming (o atenuación o regulación del flujo luminoso) PWM en serie a alta frecuencia, para aplicación en convertidores de dinámica lenta, incluso de una sola etapa con corrección de factor de potencia o convertidores CC/CC de dinámica lenta, para lámparas de estado sólido como por ejemplo LEDs OLEDs o PLEDs en el que el dimming en serie se realiza a una frecuencia comparable a la frecuencia de conmutación del convertidor. Se trata de un sistema electrónico para su aplicación en el sector de iluminación artificial.

ES 2 364 308 B2

DESCRIPCIÓN

Sistema de dimming PWM en serie a alta frecuencia para aplicación en convertidores de dinámica lenta para lámparas de estado sólido.

La presente invención se refiere a un sistema de dimming (atenuación o regulación del flujo luminoso) de la emisión de flujo luminoso de luminarias de estado sólido alimentadas desde balastos electrónicos o convertidores incluso de una sola etapa con corrección de factor de potencia, o convertidores CC/CC de dinámica lenta aplicando el método de dimming en serie realizado a una frecuencia comparable a la frecuencia de conmutación del convertidor y con control de la variación de la corriente de pico. Se trata de un sistema electrónico para su aplicación en el sector de iluminación artificial.

Estado de la técnica anterior

El sistema de regulación de flujo luminoso de luminarias de la presente invención se relaciona con las técnicas de dimming PWM (Pulse Width Modulation, modulación de ancho de pulso por sus siglas en inglés) más habituales empleadas en la actualidad. A efectos de esta invención y su descripción, como luminaria de estado sólido, o luminaria, debe entenderse todo el conjunto, incluyendo el convertidor o balasto electrónico, el sistema de control, regulación, comunicaciones y sistemas de regulación de la disipación térmica (dispositivos activos) -en caso de estar presentes-, y la propia lámpara formada por los diodos emisores de luz, ya sean OLED, LED o PLED. Tal como es usado aquí, lámpara de estado sólido, o simplemente lámpara, debe entenderse únicamente la parte integrada por los dispositivos emisores de luz y aquellos dispositivos pasivos de disipación térmica integrados con ellos.

El dimming, regulación o atenuación de flujo luminoso de luminarias de estado sólido por PWM, consiste en el encendido y apagado de las mismas a una frecuencia lo suficientemente alta, al menos 100 ó 200 Hz, aunque en numerosas aplicaciones se buscan frecuencias mucho mayores (Svilainis, "LED PWM dimming linearity investigation", Displays, Vol. 29, Num. 3, Jul., 2008, pags. 243-249, ISSN 0141-9382), de forma que el ojo humano, por efecto estroboscópico, lo interprete como una disminución del flujo luminoso recibido. Este método de regulación se sitúa en contraposición al conocido como dimming AM (Amplitude Modulation, modulación de amplitud por sus siglas en inglés), consistente en la variación de la amplitud de la corriente de salida a través de la lámpara. En la literatura (Svilainis, "LED brightness control for video display application", Displays, Vol. 29, Num. 5, Dec., 2008, pags. 506-511, ISSN 0141-9382), se observa una clara preferencia por el método de dimming PWM, ya que la eficiencia, coordenadas colorimétricas y tolerancias en las características de funcionamiento de lámparas como los dispositivos de estado sólido, varían con el valor de corriente inyectada.

Entre los métodos de dimming PWM recogidos en la literatura, se pueden establecer tres métodos principales: a) dimming por Enable, en el que se aplica una referencia de corriente variable que provoca que el convertidor funcione en dos estados, encendido y apagado; b) dimming en serie, por el que se abre y cierra la carga, es decir, la propia lámpara, con el fin de encenderla y apagarla mediante un transistor dispuesto en serie; y c) dimming en paralelo, por el que se cortocircuita la carga, mediante un transistor dispuesto en paralelo con la lámpara, con el fin de encender y apagar la carga alternativamente.

El objetivo de los métodos de dimming PWM consiste en alimentar a los diodos emisores de luz con un tren de pulsos de ancho variable y cuyo valor de pico es el valor nominal de corriente continua en funcionamiento sin dimming, de forma que las características colorimétricas no se vean afectadas, y la emisión de luz se regule con el ancho de pulso del tren de pulsos, es decir, con el tiempo en que la lámpara se halle encendida en relación al periodo de conmutación de dimming de la corriente de salida. Dicha regulación de luz presenta, además, la característica de que es proporcional al ancho de pulso aplicado a la lámpara.

Los métodos de dimming PWM anteriormente citados se aplican a convertidores CC/CC (de continua a continua) controlados por corriente, ya sea por corriente promediada, corriente de pico, tiempo de conducción/bloqueo o histéresis, debido a que dichas configuraciones proporcionan una dinámica lo suficientemente rápida como para efectuar dimming por Enable sin grandes complicaciones técnicas, o presentan comportamiento de fuente de corriente para realizar dimming en paralelo, o siguen de forma casi instantánea la referencia de corriente sin necesidad de ninguna red de compensación, para realizar dimming en serie sin oscilaciones.

En el caso que ocupa al campo de aplicación de esta invención, es decir, para el dimming de convertidores o balastos electrónicos para alimentar lámparas desde la red de corriente alterna, ya sea doméstica, industrial, de alumbrado público, etc. a las diferentes tensiones y frecuencias empleadas internacionalmente (o incluso de continua si se tratase de convertidores extremadamente lentos), la lenta dinámica que los caracteriza, con un ancho de banda siempre inferior al doble de la frecuencia de red (o en el caso de convertidores de continua, con un ancho de banda varias décadas inferior a la frecuencia de conmutación), implica la imposibilidad de la aplicación de los métodos anteriormente expuestos, ya que: a) en el caso del dimming por Enable, el convertidor no resulta lo suficientemente rápido como para asegurar el encendido y apagado completo de la lámpara, perdiendo linealidad en la atenuación y rendimiento. Aunque su respuesta fuese lo suficientemente rápida para realizar dimming por Enable, la frecuencia de dimming debe ser muy elevada para no penalizar en exceso el contenido armónico de la corriente de entrada, con lo que se está en la misma situación; b) en el caso del dimming en serie, se tiene el mismo problema de lentitud en la respuesta dinámica o se provoca la oscilación del convertidor; y c) en el caso del dimming en paralelo, se está cortocircuitando

el condensador de salida o bus, componente imprescindible en circuitos correctores de factor de potencia para filtrar el rizado del doble de frecuencia de red, provocando así sobrecorrientes a través de los diodos emisores de luz, lo que podría provocar su fallo.

5 Debido a lo anteriormente expuesto, las soluciones más comúnmente utilizadas son: a) para balastos de baja potencia conectados a la red eléctrica, ya sea con corrección de factor de potencia o sin dicha función, se emplean dimmers como los empleados con lámparas incandescentes mediante tiristores -DIAC o TRIACS- (Rand *et al.*, "Issues, Models and Solutions for Triac Modulated Phase Dimming of LED Lamps", IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC) Proceedings, pags. 1398-1404, Jun., 2007) convenientemente modificados, para variar el ángulo de conducción de la corriente de entrada, y b) se adiciona una segunda etapa en cascada para mejorar la respuesta dinámica de los convertidores y poder implementar otro tipo de control en la segunda etapa que permita el empleo de cualquier técnica de dimming de una manera sencilla y fiable, así como otras alternativas (García et al "An Alternative to Supply DC Voltages with High Power Factor", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 46, Num. 4, Aug., 1999) en las que se proponen topologías complejas con dos o más convertidores con varias salidas y/o condensadores de bus. El principal inconveniente de la primera solución reside en que el dimming conseguido de dicha manera, si se quiere mantener la simplicidad del circuito de potencia sin añadir etapas adicionales en cascada, es por variación de amplitud, es decir, dimming AM, siendo además viable únicamente en el caso de potencias bajas; mientras que en el segundo caso, se obtienen convertidores más pesados al constar de dos etapas, con dos transistores, dos bobinas, etc., que redundan en mayor coste y tamaño y menor rendimiento, además de complicar el lazo de regulación con un circuito de control para cada etapa. En el último caso comentado, se obtienen topologías más complejas, con mayor número de componentes y coste.

Sin embargo, para conseguir un balasto que además de realizar corrección de factor de potencia, presente una dinámica suficiente para realizar dimming, combinado con un menor coste que en el caso de los convertidores en cascada, es habitual combinar dichas dos etapas en una sola, compartiendo un interruptor, lo que se conoce como convertidores integrados. Como contrapartida a la integración, los esfuerzos eléctricos de tensión y/o corriente sobre los interruptores activos compartidos aumentan, lo que provoca el aumento de las pérdidas y el empleo de semiconductores de mayor precio y complejidad técnica. Un ejemplo de convertidor integrado para alimentar lámparas de halogenuros metálicos se tiene en Dalla Costa *et al.* (pat. no. ES2296459). No obstante, para poder aplicar el dimming por Enable a convertidores integrados, se debe diseñar un lazo de control que provea al balasto de una respuesta dinámica lo suficientemente rápida y sin que afecte a la onda de corriente de entrada en términos de contenido armónico. En caso de aplicar dimming en serie o paralelo a estos convertidores, se presentarían los problemas ya comentados, ya que para eliminar el rizado de baja frecuencia, disponen de un condensador de salida en paralelo con la carga.

35 Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de dimming PWM para aplicación en convertidores o balastos electrónicos de dinámica lenta para alimentación de lámparas de estado sólido, tales como los correctores de factor de potencia de una sola etapa que, alimentados desde la red de corriente alterna, proporcionan la alimentación de la lámpara de estado sólido en forma de corriente continua cumpliendo con la norma IEC61000-3-2.

El sistema de dimming PWM en serie para lámparas de estado sólido comprende:

- Un convertidor de potencia conmutado, y un filtro EMI de entrada. El convertidor de potencia conmutado tiene su dinámica en lazo cerrado lenta, lo que le impide realizar dimming por Enable lo suficientemente rápido como para lograr un rendimiento satisfactorio. El filtro EMI a su vez comprende dos condensadores entre fase y neutro (o entre positivo y masa de alimentación en caso de tratarse de un convertidor conectado a bus de alimentación de continua), y una bobina situada en la fase (o positivo en caso de buses de continua) cuyos terminales están conectados a un terminal de ambos condensadores, que actúa como supresor de interferencias para eliminar o atenuar cualquier tipo de perturbación radioeléctrica de equipos de iluminación y similares. Para los convertidores conectados a la red de alterna, se dispone de un puente rectificador de onda completa, constituido por 4 diodos, con el fin de obtener una onda de tensión continua equivalente a la tensión alterna rectificadora mediante un rectificador de onda completa sin regular. Dos de los diodos del rectificador se hallan conectados en cátodo común, mientras que los otros dos se hallan conectados en ánodo común. Aquellos que están conectados en cátodo común se disponen conectados mediante sus cátodos al terminal de positivo de entrada del rectificador, mientras que aquellos conectados en ánodo común se presentan conectados al terminal de masa del convertidor mediante sus ánodos. En el caso de tratarse de convertidores conectados a buses de alimentación de continua, el terminal más positivo de la red de alimentación se conecta al terminal positivo de entrada del convertidor, mientras que el terminal más negativo de alimentación (o masa) se conecta al terminal de masa del convertidor. Los convertidores con corrección de factor de potencia, es decir, aquellos conectados a la red de alterna, presentan en su salida un condensador de bus, diseñado para almacenar energía a alta frecuencia y, además, filtrar la componente de alterna de baja frecuencia proveniente de la onda rectificadora con la que se alimenta el convertidor, siendo el responsable de la lenta dinámica de este tipo de fuentes conmutadas. El citado condensador de bus o salida se conecta entre los terminales de salida positivo y negativo del convertidor, de forma que el terminal positivo del condensador se conecta al terminal de salida positivo, y el terminal negativo del condensador se conecta al terminal negativo de salida del convertidor. A su vez, el terminal positivo del condensador de bus se conecta al terminal positivo, o terminal de entrada, de la lámpara de estado sólido.

- Una lámpara de estado sólido.
- Un interruptor auxiliar dispuesto en serie con la lámpara de estado sólido mediante el que se realiza la función dimming. El dimming se realiza mediante un interruptor auxiliar, trabajando en corte y saturación para encender y apagar la lámpara de estado sólido, dispuesto en serie con ella, cuyo terminal activo de entrada -drenador en el caso de los transistores MOSFET y colector en el caso de los transistores BJT- se conecta al terminal de salida de la citada lámpara de estado sólido. El terminal activo de salida del interruptor -fuente en el caso de transistores MPSFET y emisor en el caso de transistores BJT- se conecta al terminal de entrada del bloque de medida de corriente.
- Un bloque de medida de corriente para realizar la medida de la corriente que circula a través de la lámpara de estado sólido. El terminal de salida del bloque de medida de corriente se conecta al terminal negativo del convertidor de potencia conmutado y al terminal negativo del condensador de bus o de salida.
- Un bloque oscilador principal que genera la señal de alta frecuencia que se emplea para el gobierno del transistor o transistores del convertidor de potencia conmutado.
- Un bloque selector de nivel de dimming que permite seleccionar el nivel de dimming.
- Un bloque generador de pulsos PWM para dimming que genera la señal de dimming a partir de las señales provenientes del bloque selector de nivel de dimming y del bloque oscilador principal. En el bloque generador de pulsos PWM para dimming se generan los pulsos de gobierno para el interruptor auxiliar a partir los bloques anteriores. Dicho bloque generador de pulsos PWM para dimming genera una señal de alta frecuencia con ancho de pulso variable, que posteriormente se aplica al driver del interruptor auxiliar. La señal con ancho de pulso variable proveniente del bloque generador de pulsos PWM se aplica también al bloque de medida de dimming para determinar el nivel de dimming requerido por el usuario.
- Un driver del interruptor auxiliar que transmite al interruptor auxiliar la señal de dimming generada por el bloque generador de pulsos PWM para dimming. El driver genera la señal de gobierno del terminal de control del interruptor auxiliar, puerta en el caso de transistores MOSFET y base en el caso de transistores BJT.
- Un bloque de medida de dimming que realiza la medida del nivel de dimming seleccionado por el usuario si es el caso.
- Un bloque generador de referencia de corriente que genera la referencia de corriente para el lazo de regulación de la luminaria en cadena cerrada a partir de la señal proveniente del bloque de medida de dimming. El bloque generador de referencia multiplica las señales, generando de esta forma la nueva referencia de corriente con la que opera el lazo de control.
- Un bloque regulador que genera una señal de control a partir de la señal de error obtenida de restar la señal proveniente del bloque de medida de corriente de la señal proveniente del bloque generador de referencia de corriente. La señal generada por el bloque generador de referencia de corriente, es decir, la referencia de corriente del lazo de regulación, se aplica al bloque regulador, que efectúa la resta entre esta señal y la proveniente del bloque de medida de corriente para generar una señal de error que:
 - a) En el caso de control por corriente promediada o control en modo tensión, será la señal de error que, una vez modificada por el regulador, es la que determina el ciclo de trabajo de los pulsos de gobierno del transistor principal del convertidor de potencia conmutado, según la teoría de control.
 - b) En el caso de tratarse de control por corriente de pico, el bloque regulador genera la señal de referencia de corriente para el lazo de regulación interno, que es procesada junto con la corriente que circula por el transistor principal del convertidor de potencia conmutado para determinar el ancho de pulso de la señal de gobierno del transistor principal del convertidor de potencia conmutado.

En el sistema de dimming PWM en serie para lámparas de estado sólido de la invención, la conmutación del interruptor auxiliar, y en consecuencia, el dimming PWM, se realiza a alta frecuencia y además el convertidor de potencia conmutado es de dinámica lenta. A efectos de la presente invención y su descripción, alta frecuencia debe entenderse como aquellas frecuencias del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del transistor o transistores de potencia que incorpore el convertidor sobre el que se actúa, siendo dichas frecuencias siempre superiores a la frecuencia correspondiente al ancho de banda que caracterice al convertidor empleado en lazo cerrado.

En una realización específica, el convertidor de potencia conmutado es un convertidor AC/CC de una sola etapa con un ancho de banda inferior a dos veces la frecuencia de red, o un convertidor AC/CC integrado cuyo ancho de banda es al menos dos décadas inferior a la frecuencia de conmutación, o un convertidor AC/CC de dos etapas cuyo ancho de banda es al menos dos décadas inferior a la frecuencia de conmutación, o un convertidor CC/CC cuyo ancho de banda es al menos dos décadas inferior a la frecuencia de conmutación.

En otra realización específica, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo tensión o en modo corriente, conectado a la red de energía alterna o a buses de alimentación de corriente continua, en cualquiera de los siguientes modos de conducción: Modo de Conducción Continuo, Modo de Conducción Discontinuo o en Modo de Conducción Frontera, a frecuencia fija o variable. En una realización más específica, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo corriente, e incorpora un control por corriente media, con un solo lazo de regulación. En una realización todavía más específica, la señal de control proveniente del bloque regulador es empleada para generar los pulsos de gobierno del transistor principal del convertidor de potencia conmutado, implementando de esta forma un sistema de control en lazo cerrado en modo corriente media. En otra realización más específica, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo corriente, e incorpora un control por corriente de pico, con un lazo de regulación externo, y un lazo de regulación interno. En otra realización todavía más específica, la señal de control proveniente del bloque regulador es empleada para generar una señal de control que es complementada con la lectura de la corriente de pico del transistor principal del convertidor de potencia conmutado, implementando así un esquema de control por corriente de pico, donde el bloque regulador, representa el regulador del lazo externo de control, considerando el lazo interno de control como interno al convertidor de potencia conmutado.

En una realización preferida, la lámpara de estado sólido es al menos un LED, un OLED, o un PLED. En una realización más preferida, la lámpara de estado sólido comprende unos medios de disipación de calor por convección natural o forzada.

En otra realización preferida, el bloque de medida de corriente realiza el filtrado de las componentes de alta frecuencia de la corriente de salida que se realimenta al bloque regulador. En una realización más preferida, se ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor, de forma que el regulador actúa sobre el valor medio de la corriente pulsada modificable mediante el ciclo de trabajo del dimming.

En otra realización preferida, el bloque de medida de corriente transmite fielmente la corriente de salida al bloque regulador. En una realización más preferida, se ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor, de forma que la corriente pulsante es interpretada como perturbaciones de alta frecuencia y filtrada por el lazo de regulación en cadena cerrada.

En otra realización preferida, el sistema además comprende un bloque divisor de frecuencia que genera la señal de alta frecuencia empleada para realizar el dimming y se la aplica al bloque generador de pulsos PWM para dimming, a partir de la señal generada por el bloque oscilador principal para realizar dimming a frecuencias inferiores a la de conmutación del convertidor de potencia conmutado.

En una realización más preferida, el bloque divisor de frecuencia está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

En otra realización más preferida, el sistema además comprende un bloque selector de corriente, mediante el cual el usuario selecciona el nivel de corriente continua en modo de funcionamiento normal, y el nivel de pico en modo de funcionamiento dimming. La señal de nivel de dimming proveniente del bloque de medida de dimming se aplica al bloque generador de referencia de corriente junto con la señal proveniente del bloque selector de corriente, que es el encargado de fijar el nivel de corriente continua en caso de funcionamiento sin dimming, y el nivel de pico de corriente de salida en caso de funcionamiento en modo dimming. En una realización aún más preferida, el bloque selector de nivel de dimming está implementado con componentes analógicos, digitales, y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software. En otra realización aún más preferida, el usuario accede al bloque selector de nivel de dimming (15) manualmente o mediante comandos emitidos a través de redes de comunicaciones. En otra realización aún más preferida, el sistema alimenta la lámpara de estado sólido mediante una onda de corriente cuadrada con ancho de pulso modificable, cuyo valor mínimo es nulo y cuyo valor de pico es seleccionable por el usuario. En otra realización aún más preferida, el bloque generador de referencia de corriente genera la referencia de corriente para el lazo de regulación en cadena cerrada a partir de las señales provenientes del bloque de medida de dimming y del bloque selector de corriente.

En otra realización más preferida, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo tensión o en modo corriente, conectado a la red de energía alterna o a buses de alimentación de corriente continua, en cualquiera de los siguientes modos de conducción: Modo de Conducción Continuo, Modo de Conducción Discontinuo o en Modo de Conducción Frontera, a frecuencia fija o variable. En una realización aún más preferida, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente media con un solo lazo de regulación. En una realización todavía más preferida, la señal de control proveniente del bloque regulador es empleada para generar los pulsos de gobierno del transistor principal del convertidor de potencia conmutado, implementando de esta forma un sistema de control en lazo cerrado en modo corriente media. En otra realización aún más preferida, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente de pico con un lazo de regulación externo y un lazo de regulación interno. En otra realización aún más preferida, la señal de control proveniente del bloque regulador es empleada para generar una señal de control que es complementada con la lectura de la corriente de pico del transistor principal del convertidor de potencia conmutado, implementando así un esquema de control por corriente de pico, donde el bloque regulador representa el regulador del lazo externo de control, considerando el lazo interno de control como interno al convertidor de potencia conmutado.

En una realización más específica, la lámpara de estado sólido es al menos un LED, un OLED, o un PLED. En una realización aún más específica, la lámpara de estado sólido comprende unos medios de disipación de calor por convección natural o forzada.

5 En otra realización más específica, el bloque de medida de corriente realiza el filtrado de las componentes de alta frecuencia de la corriente de salida que se realimenta al bloque regulador. En una realización aún más específica, se ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor, de forma que el regulador actúa sobre el valor medio de la corriente pulsada modificable mediante el ciclo de trabajo del dimming.

10 En otra realización más preferida, el bloque de medida de corriente transmite fielmente la corriente de salida al bloque regulador. En una realización aún más preferida, se ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor, de forma que la corriente pulsante es interpretada como perturbaciones de alta frecuencia y filtrada por el lazo de regulación en cadena cerrada.

15 En una realización específica, el sistema además comprende un bloque selector de corriente mediante el cual el usuario selecciona el nivel de corriente continua en modo de funcionamiento normal, y el nivel de pico en modo de funcionamiento dimming. La señal de nivel de dimming proveniente del bloque de medida de dimming se aplica al bloque generador de referencia de corriente junto con la señal proveniente del bloque selector de corriente, que es el encargado de fijar el nivel de corriente continua en caso de funcionamiento sin dimming, y el nivel de pico de corriente de salida en caso de funcionamiento en modo dimming.

20 En una realización más específica, el bloque selector de nivel de dimming está implementado con componentes analógicos, digitales, y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software. En otra realización más específica, el usuario accede al bloque selector de nivel de dimming manualmente o mediante comandos emitidos a través de redes de comunicaciones. En otra realización más específica, el sistema alimenta la lámpara de estado sólido mediante una onda de corriente cuadrada con ancho de pulso modificable, cuyo valor mínimo es nulo y cuyo valor de pico es seleccionable por el usuario. En otra realización más específica, el bloque generador de referencia de corriente genera la referencia de corriente para el lazo de regulación en cadena cerrada a partir de las señales provenientes del bloque de medida de dimming y del bloque selector de corriente.

25 En otra realización más específica, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo tensión o en modo corriente, conectado a la red de energía alterna o a buses de alimentación de corriente continua, en cualquiera de los siguientes modos de conducción: Modo de Conducción Continuo, Modo de Conducción Discontinuo o en Modo de Conducción Frontera, a frecuencia fija o variable. En una realización aún más específica, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente media con un solo lazo de regulación. En una realización aún todavía más específica, la señal de control proveniente del bloque regulador es empleada para generar los pulsos de gobierno del transistor principal del convertidor de potencia conmutado, implementando de esta forma un sistema de control en lazo cerrado en modo corriente media. En otra realización aún más específica, el convertidor de potencia conmutado funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente de pico con un lazo de regulación externo y un lazo de regulación interno. En otra realización todavía aún más específica, la señal de control proveniente del bloque regulador es empleada para generar una señal de control que es complementada con la lectura de la corriente de pico del transistor principal del convertidor de potencia conmutado, implementando así un esquema de control por corriente de pico, donde el bloque regulador representa el regulador del lazo externo de control, considerando el lazo interno de control como interno al convertidor de potencia conmutado.

30 En una realización más preferida, la lámpara de estado sólido es al menos un LED, un OLED, o un PLED. En una realización aún más preferida, la lámpara de estado sólido comprende unos medios de disipación de calor por convección natural o forzada.

35 En otra realización más preferida, el bloque de medida de corriente realiza el filtrado de las componentes de alta frecuencia de la corriente de salida que se realimenta al bloque regulador. En una realización aún más preferida, se ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor, de forma que el regulador actúa sobre el valor medio de la corriente pulsada modificable mediante el ciclo de trabajo del dimming.

40 En otra realización más preferida, el bloque de medida de corriente transmite fielmente la corriente de salida al bloque regulador. En una realización aún más preferida, se ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor, de forma que la corriente pulsante es interpretada como perturbaciones de alta frecuencia y filtrada por el lazo de regulación en cadena cerrada.

45 En una realización específica del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el interruptor auxiliar es un transistor bipolar, MOSFET o IGBT, con su terminal activo de entrada conectado al cátodo del último diodo de la lámpara de estado sólido, con su terminal activo de salida conectado al terminal de entrada del bloque de medida de corriente, y cuyo terminal de control recibe, a través de un driver, la señal de dimming generada en el bloque generador de pulsos PWM para dimming.

En una realización preferida del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el bloque de medida de corriente está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

5 En una realización específica del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el bloque oscilador principal está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

10 En otra realización específica del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el bloque generador de pulsos PWM para dimming está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

15 En otra realización específica del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el driver de gobierno del interruptor auxiliar está constituido por componentes discretos o circuitos integrados específicos.

20 En una realización preferida del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el bloque de medida de dimming está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

En otra realización preferida del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el bloque selector de corriente está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

25 En otra realización preferida del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el usuario accede al bloque selector de corriente manualmente o mediante comandos emitidos a través de redes de comunicaciones.

30 En una realización específica del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el bloque generador de referencia de corriente está implementado con componentes analógicos, circuitos integrados específicos, componentes digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

35 En otra realización específica del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el bloque regulador que implementa el lazo de control en cadena cerrada es analógico.

En otra realización específica del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el bloque regulador que implementa el lazo de control en cadena cerrada es digital.

40 En otra realización específica del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, la lámpara de estado sólido se alimenta mediante una onda de corriente cuadrada con ancho de pulso modificable, cuyo valor mínimo es nulo y cuyo valor de pico es un parámetro de diseño del sistema no seleccionable por el usuario.

45 En una realización preferida del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el valor medio de la onda de corriente que alimenta la lámpara de estado sólido es proporcional al tiempo en el que su valor no es nulo en relación con el periodo de conmutación de dimming.

50 En otra realización preferida del sistema, tanto con el bloque divisor de frecuencia o el bloque selector de corriente como sin ellos, el valor de pico de la corriente de salida se mantiene constante independientemente del ciclo de trabajo de dimming empleado, mediante la compensación del valor de pico de corriente de salida modificando, por medio del bloque generador de referencia de corriente, la referencia de corriente del convertidor de potencia conmutado.

55 La onda de corriente demandada de la red eléctrica por el convertidor cuando se halla operando en modo de atenuación de flujo luminoso o dimming conserva la forma de la onda de corriente de alterna del funcionamiento normal, aunque con un valor eficaz proporcional a la atenuación de flujo luminoso realizada. Este sistema se aprovecha de la lentitud de los convertidores conmutando la lámpara, es decir, abriendo y cerrando el circuito de la carga, a una frecuencia tal que el sistema en lazo cerrado no es capaz de responder a tales perturbaciones, percibiendo únicamente una disminución del valor medio de la corriente de salida que se trata de compensar aumentando el valor de pico, motivo
60 por el cual la referencia de corriente debe ser modificada. La frecuencia de conmutación de dimming debe ser muy superior a la frecuencia de cruce de ganancia en lazo abierto, ofreciendo un funcionamiento óptimo en cuanto a forma de onda cuando la frecuencia de conmutación y la de dimming son coincidentes y además, están sincronizadas. De esta forma, se solventa el principal problema de los convertidores de corrección de factor de potencia y de convertidores de dinámica lenta en general, que no es otro que su lenta dinámica, o pequeño ancho de banda, que impiden la aplicación
65 de las tres técnicas de dimming habitualmente empleadas y recogidas en el estado del arte, como son el dimming por Enable, dimming en serie y dimming en paralelo. Sin la aplicación del sistema propuesto por la invención, el dimming por Enable debería realizarse a frecuencias inferiores a 200 Hz, con lo que el ojo percibiría el parpadeo de la lámpara; en caso de aplicar dimming en serie, se generaría la circulación de picos elevados de corriente por los diodos

emisores de luz integrantes de la lámpara, además de provocar la oscilación del regulador conllevando un gran riesgo de destrucción de las distintas partes de la luminaria; y en el caso del dimming en paralelo, se provocarían grandes fluctuaciones de tensión en la carga y la circulación de corrientes elevadas en el transistor de dimming debido a dicho efecto, conllevando también un serio riesgo de destrucción de las distintas partes de la luminaria.

5 El sistema de regulación de flujo luminoso propuesto debe realizar varias funciones debido a las singulares características de funcionamiento derivadas de la actuación sobre la carga a una frecuencia muy superior a la que el convertidor es capaz de responder. De esta forma, el sistema de control realiza las siguientes funciones: a) efectuar el encendido y apagado de la lámpara de estado sólido; b) medir la corriente circulante por la lámpara de estado sólido; c) generar los pulsos de gobierno del dispositivo de dimming; d) seleccionar y medir el nivel de dimming de funcionamiento; e) seleccionar el nivel de corriente de pico de funcionamiento; f) generar una señal de referencia que compense la disminución del valor medio de corriente medido en funcionamiento de dimming; g) generar una señal de error que se aplique a un lazo de regulación tradicional en modo de corriente media o cualquier otro sistema de control en corriente, tal como el control por corriente de pico o incluso sistemas de regulación en corriente con frecuencia variable.

10 El funcionamiento del sistema de dimming PWM en serie propuesto en la invención es como sigue para la versión que permite la selección del nivel de corriente de salida, descrita anteriormente, tanto con control en modo tensión o corriente media, como para control por corriente de pico. En el supuesto de funcionamiento en modo dimming, el interruptor auxiliar conmuta la lámpara de estado sólido a alta frecuencia, realizando dimming PWM, es decir, forzando a que la corriente que circula a través de la lámpara de estado sólido consista en una onda cuadrada cuyo valor mínimo sea nulo, su valor de pico sea seleccionable y modificable por el usuario, y su valor medio dependa del ancho de pulso, es decir, de la proporción en la que la corriente es no nula frente al periodo total de conmutación de dimming, parámetro seleccionable y modificable por el usuario. El bloque de medida de corriente procesa la corriente de salida para enviar la información obtenida al bloque regulador.

20 Por su parte, en cuanto a la versión con nivel de corriente de pico fijo, como la mostrada en la Fig. 1B donde el sistema no comprende el bloque selector de corriente, el funcionamiento es similar a lo anteriormente descrito para la versión con valor de pico modificable para ambos sistemas de control contemplados: por teoría clásica de control y para control por corriente de pico. En funcionamiento con dimming, el interruptor auxiliar conmuta la lámpara de estado sólido a alta frecuencia, realizando dimming PWM, es decir, forzando a que la corriente que circula a través de la lámpara de estado sólido consista en una onda cuadrada cuyo valor mínimo sea nulo, su valor de pico se mantenga constante e igual a las especificaciones de diseño y su valor medio dependa del ancho de pulso, es decir, de la proporción en la que la corriente es no nula frente al periodo total de conmutación de dimming, parámetro seleccionable y modificable por el usuario. El bloque de medida de corriente procesa la corriente de salida para enviar la información obtenida al bloque regulador.

30 Se da el hecho de que debido a la alta frecuencia a la que se realiza el dimming, aplicado a un convertidor de dinámica lenta, el bloque regulador solamente puede actuar sobre el valor medio de la señal realimentada por el bloque de medida, que se corresponde con el valor medio de la corriente de salida. Existen dos supuestos casos en función de la configuración del sistema de regulación de flujo luminoso:

- 45 a) Si el bloque de medida de corriente incorpora dinámica, es decir, realiza un filtrado de la corriente de salida, se realimenta el valor medio de ésta al bloque regulador.
- 50 b) Si el bloque de medida de corriente no incorpora dinámica, es decir, si transmite la información al bloque regulador fielmente a como la recibe, la disposición de polos y ceros del bloque regulador, que conlleva una dinámica extremadamente lenta -tanto en el caso de control por corriente promediada, como en el caso de control por corriente de pico, en cuyo caso el lazo de regulación externo es el contemplado en esta invención- provoca la imposibilidad del bloque regulador a actuar a la frecuencia de dimming, actuando únicamente ante las variaciones en el nivel medio de la corriente de salida.

55 En caso de incorporarse un bloque de medida de corriente con dinámica, la frecuencia de dimming puede ser inferior al caso de no disponer dinámica en dicho bloque, ya que se realimenta el valor medio de corriente por la carga, actuando sobre él, en lugar de realizar el dimming a una frecuencia a la que el lazo de regulación no es capaz de responder. Sin embargo, la lenta dinámica necesaria para el primer caso puede conllevar a inestabilidades en lazo cerrado o complicaciones añadidas en el diseño del regulador.

60 En ambos casos, el bloque regulador actúa aumentando la corriente de salida con el objetivo de igualar el valor de corriente media medido por el bloque de medida de corriente con la referencia original, siendo el resultado un aumento del valor de pico que deberá ser compensado en etapas posteriores del lazo de regulación de dimming mediante una disminución de la referencia de nivel de corriente de pico de salida.

65 En la versión de la invención que permite la modificación del nivel de pico de corriente, como la mostrada en la Fig. 1A, dicha compensación se realiza mediante el bloque generador de referencia de corriente, multiplicando el valor de referencia de corriente y el nivel de dimming seleccionados por el usuario, generando de esta forma la interna de corriente que se aplicará al bloque regulador.

Por su parte, en la versión con nivel de pico de corriente fijo, como la mostrada en la Fig. 1B, dicha compensación se realiza mediante el bloque generador de referencia de corriente, multiplicando el nivel de dimming seleccionado por el usuario por una ganancia predefinida en el diseño, de forma que la referencia de corriente generada se corresponda con el valor de corriente de pico de salida deseado.

5

En ambas versiones de la invención, el nivel de dimming es seleccionado por el usuario mediante el bloque selector de nivel de dimming. La frecuencia de dimming está definida por el bloque generador de pulsos para dimming, que actúa como divisor de frecuencia de la señal de alta frecuencia generada por el bloque oscilador principal, siendo la frecuencia de dimming muy superior a la frecuencia de cruce de ganancia del convertidor en lazo abierto. Posteriormente, la señal de dimming PWM es aplicada al driver del interruptor auxiliar para que éste conmute la lámpara de estado sólido. Dicho driver es prescindible en caso de emplear los componentes adecuados. La señal de gobierno del interruptor auxiliar se caracteriza por el ancho de pulso variable, que determina el nivel de atenuación de la luminosidad de la lámpara de estado sólido según el nivel de atenuación introducido por el usuario.

10

15

Esta invención resulta aplicable tanto a convertidores controlados por corriente promediada, donde el propio lazo de control es modificado según lo expuesto, como a convertidores controlados por corriente de pico, en donde es el lazo de regulación externo el modificado según lo contemplado en la presente invención, considerándose el lazo de regulación interno como un aspecto interno del convertidor, considerados el mismo bloque genérico.

20

La invención presenta importantes ventajas respecto a las técnicas de dimming más habituales comentadas en el estado del arte. En primer lugar, la posibilidad de aplicar la invención a convertidores con corrección de factor de potencia de una sola etapa permite construir balastos electrónicos, o convertidores de potencia, con un reducido número de componentes, pues es posible procesar potencia para realizar corrección de factor de potencia con tan sólo un interruptor activo, un transformador, un diodo y un condensador electrolítico, que se correspondería con un convertidor Flyback, apenas complicando el circuito de control. De esta forma se evita el desarrollo de convertidores de dos etapas, en las cuales una de ellas realiza la corrección del factor de potencia y la etapa subsiguiente, dispuesta en cascada, procesa la potencia y realiza el dimming, que son mucho más voluminosos, pesados y caros que los convertidores de una sola etapa, y presentan peor rendimiento al procesar la energía dos veces por cada ciclo de conmutación.

25

30

Otra de las ventajas de la atenuación o dimming a alta frecuencia consiste en la eliminación del parpadeo visible, o flickering, perceptible con ciertas técnicas de dimming a baja frecuencia y que puede resultar especialmente molesto para un determinado porcentaje de la población o puede plantear problemas con sistemas de captación de imágenes, tales como cámaras de televisión o vídeo.

35

Se añade a su vez la eliminación de emisiones en el espectro audible por el ser humano (entre 20 Hz y 20 kHz) en caso de seleccionar frecuencias de dimming superiores al límite superior audible.

40

El campo de aplicación de la presente invención es el correspondiente a todo tipo de sistemas de regulación de la iluminación artificial basada en lámparas de diodos emisores de luz, ya sean diodos LED, OLED o PLED.

45

El sistema de dimming propuesto puede emplearse para la alimentación desde cualquier red eléctrica de lámparas para sistemas de iluminación general, tanto de interior como de exterior, iluminación industrial, ambiental, alumbrado público, estudios fotográficos, de televisión, instalaciones deportivas, aplicaciones domésticas, etc. También puede emplearse con alimentación desde redes de corriente continua.

50

Por su aplicabilidad a convertidores de una sola etapa, resulta muy indicado para incorporarse en luminarias de reducido tamaño en las que sea necesario regular la emisión de flujo luminoso, o en aquellas en las que las restricciones estéticas o de diseño impongan el pequeño tamaño del balasto.

55

Por otra parte, y puesto que se puede adaptar a cualquier convertidor electrónico, resulta aplicable a todo el rango de potencias que se maneja en iluminación de estado sólido.

Descripción de las figuras

60

La Fig. 1 representa el esquema, en diagrama de bloques, del sistema de dimming objeto de la invención. La Fig. 1A representa una de las versiones propuestas, en la que se permite seleccionar el nivel de corriente de pico, mientras que la Fig. 1B representa la versión en la que el nivel de corriente de pico se encuentra predefinido y no es modificable.

65

En la Fig. 1A se representa, a nivel de bloques, el circuito necesario para realizar dimming PWM con la posibilidad de seleccionar el nivel de corriente de pico de salida, integrado por el interruptor auxiliar (11) y su driver (17); el convertidor de potencia conmutado (1), considerando también el condensador de bus o salida (9); la lámpara de estado sólido (10); el conexionado principal del convertidor a la red eléctrica, constituida por fase (F) y neutro (N) para la red de alterna, y alimentación positiva (+) y negativa (-) para buses de continua, consistente en el filtro EMI constituido por los condensadores (2) y (4) y la bobina (3), y los diodos (5), (6), (7) y (8) en los que consiste el puente rectificador de onda completa; los bloques necesarios para la regulación del convertidor, consistentes en el bloque de medida de corriente (12), el bloque oscilador principal (13) y el bloque regulador (19); y los bloques correspondientes al sistema de control necesario para realizar el dimming y la compensación, constituido por el bloque divisor de

frecuencia (14), el bloque selector de nivel de dimming (15) que permite la selección del nivel de dimming, $V_{REF-DIM}$, el bloque generador de pulsos PWM para dimming (16), el bloque de medida de dimming (18), el bloque selector de corriente (21) que permite la selección del nivel de corriente, V_{REF-PK} y el bloque generador de referencia de corriente (20) que genera la referencia de corriente en forma de nivel de tensión V_{REF} multiplicando el nivel de referencia de dimming y el nivel de referencia de corriente de pico deseados. En esta figura, en el interruptor auxiliar (11), G, D y S representan el terminal de control, el terminal activo de entrada de corriente y el terminal activo de salida de corriente, respectivamente, coincidentes con la puerta, el drenador y la fuente de un transistor MOSFET.

En la Figura 1B, por su parte, se representa a nivel de bloques el circuito necesario para realizar dimming con el valor de corriente de pico predefinido en el diseño, integrado por el interruptor auxiliar (11) y su driver (17); el convertidor de potencia conmutado (1), considerando también el condensador de bus o salida (9); la lámpara de estado sólido (10); el conexionado principal del convertidor a la red eléctrica, constituida por fase (F) y neutro (N) para la red de alterna, y alimentación positiva (+) y negativa (-) para buses de continua, consistente en el filtro EMI constituido por los condensadores (2) y (4) y la bobina (3), y los diodos (5), (6), (7) y (8) en los que consiste el puente rectificador de onda completa; los bloques necesarios para la regulación del convertidor, consistentes en el bloque de medida de corriente (12), el bloque oscilador principal (13) y el bloque regulador (19); y los bloques correspondientes al sistema de control necesario para realizar el dimming y la compensación, constituido por el bloque divisor de frecuencia (14), el bloque selector de nivel de dimming (15) que permite la selección del nivel de dimming, $V_{REF-DIM}$, el bloque generador de pulsos PWM para dimming (16), el bloque de medida de dimming (18) y el bloque generador de referencia de corriente (20) que genera la referencia de corriente en forma de nivel de tensión V_{REF} aplicando una ganancia al nivel de referencia de dimming deseado. En esta figura, en el interruptor auxiliar (11), G, D y S representan el terminal de control, el terminal activo de entrada de corriente y el terminal activo de salida de corriente, respectivamente, coincidentes con la puerta, el drenador y la fuente de un transistor MOSFET.

La Fig. 2 muestra las formas de onda de la corriente de alimentación de la lámpara de estado sólido (10), tanto en modo de operación nominal como en modo de operación dimming, donde I_{PK} corresponde al nivel de pico de la corriente operando en modo dimming, e I_{AVG} corresponde al nivel medio de la corriente pulsada que circula a través de la lámpara de estado sólido. En caso de funcionamiento en modo normal, es decir, sin dimming, los valores de I_{PK} e I_{AVG} son coincidentes.

La Fig. 3 muestra un ejemplo de aplicación (no limitativo) del sistema de dimming asociado a un convertidor Flyback operando en Modo de Conducción Discontinuo para alimentar una carga LED desde la red de energía alterna realizando corrección de factor de potencia. Se muestra un convertidor Flyback (1) con un transformador integrado por las bobinas acopladas primaria (22) y secundaria (23), el condensador de bus (9), el transistor MOSFET (24) y el diodo de secundario (25). Se muestra la conexión a la red a través del filtro EMI, constituido por los condensadores (2) y (4) y la bobina (3), y del rectificador de onda completa que comprende los diodos (5), (6), (7) y (8). Se muestra asimismo la lámpara de estado sólido (10), integrada por 60 diodos LED y un transistor MOSFET como interruptor auxiliar (11) de dimming. Se muestra el bloque de medida de corriente (12), integrado por la resistencia sensora de corriente (26), en serie con la carga, y el montaje amplificador constituido por el amplificador operacional (27) y las resistencias (28), (29) y (30). Se muestra el bloque oscilador principal (13), integrado en el circuito de control LM3524 (31) empleado para el control de la topología, que presenta un oscilador interno que fija la frecuencia de funcionamiento mediante la resistencia (32) y el condensador (33). En este ejemplo de aplicación se realiza el dimming a la misma frecuencia que la conmutación del transistor MOSFET (24) del convertidor Flyback, por lo que se muestra el bloque divisor de frecuencia (14) como un bloque 1:1, siendo en la implementación práctica inexistente. Se muestra el bloque selector de nivel de dimming (15), implementado mediante un potenciómetro conectado entre alimentación y masa cuyo terminal regulable proporciona una tensión de referencia, $V_{REF-DIM}$. Se muestra el bloque generador de pulsos PWM para dimming (16), consistente en un comparador. Se muestra el driver (17) del interruptor auxiliar, consistente en las resistencias (34), (35) y (36), el optoacoplador (37), el transistor NPN (38) y el transistor PNP (39). Se muestra el bloque de medida de nivel de dimming (18), implementado por el amplificador operacional (40), las resistencias (41), (42) y (43) y el condensador (44). Se muestra el bloque generador de referencia de corriente (20), consistente en un multiplicador analógico AD633. Se muestra el bloque selector de corriente (21), implementado mediante un potenciómetro conectado entre alimentación y masa, cuyo terminal regulable proporciona una tensión de referencia, V_{REF-PK} . Se muestra el bloque regulador (19), integrado por el circuito integrado (31), la resistencia (45) y los condensadores (46) y (47). Finalmente, considerado como parte integrada en el convertidor Flyback (1), se muestra el driver de gobierno del transistor MOSFET (24) del convertidor Flyback (1), constituido por las resistencias (48) y (49), el transistor NPN (50) y el transistor PNP (51).

Explicación de un ejemplo de realización preferente

Con el fin de facilitar la comprensión de la presente invención, se expone un ejemplo práctico de aplicación descrito en detalle, sin que tenga que entenderse con carácter limitativo del alcance de la invención.

El ejemplo de aplicación se basa en el empleo de un convertidor Flyback para alimentar una lámpara LED. Dicho convertidor se conectó a la red de energía alterna, por lo que se debía efectuar corrección del factor de potencia. Esto quiere decir que la onda de corriente de entrada, es decir, la onda de corriente que el balasto demanda de la red eléctrica debía satisfacer la norma EN61000-3-2 en cuanto a componentes armónicas. Por este motivo, el Flyback estaba planteado para funcionar en Modo de Conducción Discontinuo (MCD) y, puesto que los diodos LED son dispositivos controlados por corriente, el método de control empleado fue el de corriente promediada, por su sencillez

de diseño, empleando un regulador PI con un polo adicional para asegurar un comportamiento estable del convertidor sin error en continua. Puesto que los convertidores correctores de factor de potencia presentan componentes armónicas en la salida del doble de frecuencia de red, se debe diseñar el condensador de salida, filtro o bus para baja frecuencia, presentando por ello una dinámica lenta en lazo abierto. Por este motivo, el regulador también debe presentar un ancho de banda inferior al doble de la frecuencia de red para evitar inestabilidades.

La lámpara LED estaba alimentada en un primer lugar con corriente continua para a continuación ensayar el dimming hasta una atenuación de 10 a 1. Esta aplicación práctica se representa en la Fig. 3.

El convertidor Flyback (1), integrado por el transistor MOSFET (24), el diodo de secundario (25), la bobinas acopladas primaria (22) y secundaria (23) y el condensador de bus (9), se alimentó desde la red de alterna, estando conectado a fase y neutro por medio de un filtro EMI constituido por dos condensadores (2) y (4) y una bobina (3), que actuaba como supresor de interferencias de alta frecuencia cumpliendo con las especificaciones de la norma EN55015 que se refiere a la perturbación radioeléctrica de equipos de iluminación y similares, o normativa equivalente en otros países. A continuación se dispuso un rectificador formado por los diodos (5), (6), (7) y (8) con el fin de obtener una tensión continua equivalente a la tensión alterna rectificada sin regular. Los cátodos de los diodos (5) y (6) se conectaron a uno de los terminales de la bobina primaria (22) del Flyback, mientras que el ánodo de los diodos (7) y (8) estaba conectado a la fuente del transistor MOSFET de canal N (24) del convertidor Flyback (1). Por su parte, el drenador del transistor MOSFET (24) se hallaba conectado al otro terminal de la bobina primaria (22) del Flyback. La parte de salida del convertidor Flyback estaba formada por la bobina secundaria (23). El terminal de esta bobina secundaria correspondiente con el terminal de la bobina primaria (22) conectado al cátodo de los diodos (5) y (6) se conectaba a su vez al terminal negativo del condensador de salida (9), cuyo terminal positivo estaba conectado al cátodo del diodo (25), conectado al otro terminal activo de la bobina secundaria (23) mediante el ánodo. Conectado al terminal positivo del condensador de salida (9) y al cátodo del diodo (25) se hallaba el terminal positivo de la lámpara LED (10), es decir, el ánodo del primer LED de la lámpara. A su vez, el terminal negativo de la lámpara LED (10), es decir, el cátodo del último diodo LED, se conectó al drenador del interruptor auxiliar (11) MOSFET de dimming, cuya fuente S estaba conectada a un terminal de la resistencia sensora de corriente (26), representado como punto A en la Figura 3. El otro terminal de la resistencia sensora de corriente (26) estaba conectado con el terminal negativo del condensador de salida (9) y con el terminal de la bobina secundaria (23) correspondiente al terminal de la bobina primaria (22) conectado a los cátodos de los diodos (5) y (6). En cuanto al sistema de control considerado interno al convertidor Flyback (1), empleado, se tiene el generador PWM incluido en el circuito de control LM3524 (31) y el driver del transistor MOSFET (24) del convertidor Flyback (1) constituido por las resistencias (48) y (49), el transistor NPN (50) y el transistor PNP (51). Dicho driver de control del transistor MOSFET (24) del convertidor Flyback (1) se hallaba configurado de la siguiente forma: el terminal de salida de pulsos de control del circuito regulador LM3524 (31) se hallaba conectado a un driver constituido por las resistencias (48), (49), el transistor NPN (50) y el transistor PNP (51) mencionados anteriormente, de modo que la resistencia (48) se conectaba mediante un terminal a la alimentación, mientras que el otro terminal estaba conectado a un terminal de la resistencia (49). El otro terminal de dicha resistencia (49) se conectó a la masa común del circuito de control. El colector del transistor NPN (50) estaba conectado también a la alimentación, mientras que su base y la base del transistor PNP (51) se dispusieron conectadas al terminal intermedio del divisor resistivo formado por las resistencias (48) y (49) y al terminal de salida de pulsos de control del circuito de control LM3524 (31). El emisor del transistor NPN (50) se conectó al emisor del transistor PNP (51), cuyo colector estaba a su vez conectado a la masa común del circuito de control. El emisor de ambos transistores se dispuso conectado a la puerta del transistor MOSFET (24) del convertidor Flyback (1), señalado en la Fig. 3 como punto G.

Con respecto al circuito de control, se dispuso un bloque de medida de corriente (12) que consta de un sistema de acondicionamiento y amplificación de la señal medida en la resistencia sensora (26) integrado por el amplificador operacional (27) en configuración no inversora y las resistencias (28), (29) y (30), de las cuales la resistencia (28) es empleada para reducir el error de desviación de continua. Este circuito de acondicionamiento se conectó al terminal compartido por la fuente del interruptor auxiliar (11) MOSFET de canal N de dimming y la resistencia sensora de corriente (26), es decir, el punto A, mediante la resistencia (28). A su vez, la salida del circuito de amplificación de la señal medida en la resistencia sensora (26) se hallaba conectada a la entrada inversora del comparador del circuito de control LM3524 (31). Dicho circuito de control LM3524 (31) estaba alimentado entre la alimentación de control y masa. El bloque oscilador principal (13) está constituido por el oscilador interno del circuito de control LM3524 (31), la resistencia (32) y el condensador (3), conectados entre masa y su respectiva entrada del circuito de control LM3524 (31), y proporciona una señal triangular de alta frecuencia. Por motivos de simplicidad, se empleó esa misma señal para realizar el dimming, prescindiendo por ello del bloque divisor de frecuencia (14) en el prototipo, aunque para mejorar la comprensión y mantener la coherencia con la numeración, se muestra en la figura como un bloque con ganancia 1:1. Para realizar el dimming se extrajo dicha señal de alta frecuencia del terminal del condensador (33) que se hallaba conectado al circuito de control LM3524 (31), llamado punto A, en la Figura 3. En consecuencia, la frecuencia de conmutación y la de dimming en este ejemplo de aplicación eran idénticas. El diseño del bloque regulador (19) se correspondía con una estructura PI con un polo adicional para asegurar una disposición de polos y ceros que permitiese el máximo ancho de banda posible (cerca del doble de la frecuencia de red), a la vez que mantuviese el margen de fase en valores elevados. Dicho bloque regulador (19) estaba formado por la resistencia (45) y los condensadores (46) y (47), estando la resistencia (45) y el condensador (46) conectados en serie y a su vez, en paralelo con el condensador (47). Dicha impedancia en paralelo estaba conectada entre el terminal correspondiente del circuito de control LM3524 (31) y masa. El bloque generador de pulsos PWM para dimming (16) estaba a su vez formado por un comparador LM393 que comparaba la señal triangular de alta frecuencia extraída del punto A, conectada a la entrada inversora

del comparador LM393, con un nivel de continua de referencia para el dimming, $V_{REF-DIM}$, generado por el bloque selector de nivel de dimming (15), constituido por un potenciómetro, uno de cuyos terminales estaba conectado a alimentación, el otro terminal a masa, y el terminal intermedio se conectaba a la entrada no inversora del comparador LM393 para de esta forma generar el tren de pulsos de gobierno del interruptor auxiliar (11) MOSFET de dimming, G_{DIM} . Conectado con la salida del comparador LM393 se hallaba el driver (17) del interruptor auxiliar (11) MOSFET de dimming, consistente en una resistencia limitadora de corriente (34). Uno de sus terminales estaba conectado a la salida del comparador LM393, mientras que el otro terminal se hallaba conectado al ánodo del diodo LED interno del optoacoplador (37) para aislar el gobierno del interruptor auxiliar (11) MOSFET de dimming. El cátodo del diodo LED interno del optoacoplador (37) se encontraba conectado a la masa común del circuito de control.

Por la parte de salida, el emisor del fototransistor interno del optoacoplador (37) se dispuso conectado a una masa aislada, conectada a su vez con la fuente del interruptor auxiliar (11) MOSFET de dimming, S, para aislar los pulsos de gobierno de dicho componente y así evitar interferencias y recirculaciones de corriente indeseadas a través de la resistencia sensora de corriente (26). A su vez, el colector de dicho fototransistor se encontraba conectado al punto medio de un divisor resistivo formado por las resistencias (35) y (36) para polarizar correctamente los transistores NPN (38) y PNP (39), constituyendo todos estos componentes el driver (17) de gobierno del interruptor auxiliar (11) MOSFET de dimming. Los restantes componentes del driver (17) se hallaban configurados de la siguiente manera: las bases de ambos transistores (38) y (39) se conectaron entre sí y a su vez al punto medio del divisor resistivo formado por las resistencias (35) y (36) y al colector del fototransistor interno del optoacoplador (37). El colector del transistor NPN (38) se hallaba conectado al terminal positivo de una fuente de alimentación independiente y su emisor se encontraba conectado al emisor del transistor PNP (39), cuyo colector estaba conectado a la masa independiente. Los emisores de ambos transistores bipolares estaban conectados a la puerta del interruptor auxiliar (11) MOSFET de dimming, punto señalado como G_D en la Fig. 3.

En cuanto a la señal de referencia variable, V_{REF} , ésta se generaba mediante el bloque generador de referencia de corriente (20) de la siguiente manera: la salida del comparador LM393 que configura el bloque generador de pulsos PWM para dimming (16) se encontraba conectada también al bloque de medida de dimming (18), consistente en un filtro en configuración paso-bajo cuya función era extraer el valor medio del tren de pulsos de gobierno del interruptor auxiliar (11) MOSFET de dimming, G_{DIM} . Dicho bloque de medida de dimming (18) estaba integrado por el amplificador operacional (40), las resistencias (41), (42) y (43) y el condensador (44). La salida del bloque de medida de nivel de dimming (18), señal DIM, se dispuso conectada a uno de los terminales de entrada del bloque generador de referencia de corriente (20), integrado por un multiplicador analógico AD633, tal y como se muestra en la Fig. 3, mientras que el otro terminal de entrada de dicho multiplicador analógico AD633 estaba conectado al terminal intermedio del potenciómetro que constituía el bloque selector de corriente (21), uno de cuyos terminales se conectó a alimentación y el otro a masa. Este potenciómetro era el encargado de seleccionar el nivel de corriente de pico mediante el nivel de tensión en su terminal intermedio, V_{REF-PK} . El terminal de salida del multiplicador analógico AD633 que constituía el bloque generador de referencia de corriente (20) estaba conectado a la entrada no inversora del comparador interno del circuito de control LM3524 (31) empleado.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de dimming PWM en serie para lámparas de estado sólido, que comprende:

- 5
- un convertidor de potencia conmutado (1), y un filtro EMI de entrada que a su vez comprende dos condensadores (2) y (4), una bobina (3), cuatro diodos del rectificador (5), (6), (7) y (8), y un condensador de bus o salida (9);

10

 - una lámpara de estado sólido (10);
 - un interruptor auxiliar (11) dispuesto en serie con la lámpara de estado sólido (10) mediante el que se realiza la función dimming;

15

 - un bloque de medida de corriente (12) para realizar la medida de la corriente que circula a través de la lámpara de estado sólido (10);
 - un bloque oscilador principal (13) que genera la señal de alta frecuencia que se emplea para el gobierno del transistor o transistores del convertidor de potencia conmutado (1);

20

 - un bloque divisor de frecuencia (14) que recibe la señal de alta frecuencia generada por el bloque oscilador principal (13) y divide la frecuencia de dicha señal para generar una nueva señal que, tras aplicarla al bloque generador de pulsos PWM para dimming (16), es empleada para realizar el dimming de la lámpara de estado sólido (10);

25

 - un bloque selector de nivel de dimming (15) que permite seleccionar el nivel de dimming;
 - un bloque generador de pulsos PWM para dimming (16) que genera la señal de dimming a partir de las señales provenientes del bloque selector de nivel de dimming (15) y del bloque oscilador principal (13);

30

 - un driver (17) del interruptor auxiliar (11) que transmite al interruptor auxiliar (11) la señal de dimming generada por el bloque generador de pulsos PWM para dimming (16);
 - un bloque de medida de dimming (18) que realiza la medida del nivel de dimming seleccionado por el usuario;

35

 - un bloque generador de referencia de corriente (20) que genera la referencia de corriente para el lazo de regulación de la luminaria en cadena cerrada a partir de la señal proveniente del bloque de medida de dimming (18);

40

 - un bloque regulador (19) que genera una señal de control a partir de la señal de error obtenida de restar la señal proveniente del bloque de medida de corriente (12) de la señal proveniente del bloque generador de referencia de corriente (20);

45 **caracterizado** porque la conmutación del interruptor auxiliar (11), y en consecuencia, el dimming PWM, se realiza a alta frecuencia y porque el convertidor de potencia conmutado (1) es de dinámica lenta.

50 2. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) es un convertidor AC/CC de una sola etapa con un ancho de banda inferior a dos veces la frecuencia de red, o un convertidor AC/CC integrado cuyo ancho de banda es al menos dos décadas inferior a la frecuencia de conmutación, o un convertidor AC/CC de dos etapas cuyo ancho de banda es al menos dos décadas inferior a la frecuencia de conmutación, o un convertidor CC/CC cuyo ancho de banda es al menos dos décadas inferior a la frecuencia de conmutación.

55 3. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo tensión o en modo corriente, conectado a la red de energía alterna o a buses de alimentación de corriente continua, en cualquiera de los siguientes modos de conducción: Modo de Conducción Continuo, Modo de Conducción Discontinuo o en Modo de Conducción Frontera, a frecuencia fija o variable.

60 4. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 3, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo corriente, e incorpora un control por corriente media, con un solo lazo de regulación.

65 5. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 4, **caracterizado** porque la señal de control proveniente del bloque regulador (19) es empleada para generar los pulsos de gobierno del transistor principal del convertidor de potencia conmutado (1), implementando de esta forma un sistema de control en lazo cerrado en modo corriente media.

6. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 3, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente de pico con un lazo de regulación externo y un lazo de regulación interno.
7. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la señal de control proveniente del bloque regulador (19) es empleada para generar una señal de control que es complementada con la lectura de la corriente de pico del transistor principal del convertidor de potencia conmutado (1), implementando así un esquema de control por corriente de pico, donde el bloque regulador (19) representa el regulador del lazo externo de control, considerando el lazo interno de control como interno al convertidor de potencia conmutado (1).
8. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la lámpara de estado sólido (10) es al menos un LED, un OLED o un PLED.
9. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 8, **caracterizado** porque la lámpara de estado sólido (10) comprende unos medios de disipación de calor por convección natural o forzada.
10. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el bloque de medida de corriente (12) realiza el filtrado de las componentes de alta frecuencia de la corriente de salida que se realimenta al bloque regulador (19).
11. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 10, **caracterizado** porque ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor de potencia conmutado (1), de forma que el bloque regulador (19) actúa sobre el valor medio de la corriente pulsada modificable mediante el ciclo de trabajo del dimming.
12. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, en el que el bloque de medida de corriente (12) transmite fielmente la corriente de salida al bloque regulador.
13. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 12, **caracterizado** porque ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor de potencia conmutado (1), de forma que la corriente pulsante es interpretada como perturbaciones de alta frecuencia y filtrada por el lazo de regulación en cadena cerrada.
14. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el bloque divisor de frecuencia (14) divide por la unidad para realizar el dimming de la lámpara de estado sólido (10) a la misma frecuencia que la frecuencia de conmutación del transistor o transistores principales del convertidor de potencia conmutado (1), o divide por valores mayores a la unidad para realizar el dimming de la lámpara de estado sólido (10) a frecuencias inferiores a la frecuencia de conmutación del transistor o transistores principales del convertidor de potencia conmutado (1).
15. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 14, **caracterizado** porque el bloque divisor de frecuencia (14) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.
16. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 14, que además comprende un bloque selector de corriente (21) mediante el cual el usuario selecciona el nivel de corriente continua en modo de funcionamiento normal, y el nivel de pico en modo de funcionamiento dimming.
17. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 16, **caracterizado** porque el bloque selector de nivel de dimming (15) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.
18. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 16, **caracterizado** porque el usuario accede al bloque selector de nivel de dimming (15) manualmente o mediante comandos emitidos a través de redes de comunicaciones.
19. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 16, **caracterizado** porque alimenta la lámpara de estado sólido mediante una onda de corriente cuadrada con ancho de pulso modificable, cuyo valor mínimo es nulo y cuyo valor de pico es seleccionable por el usuario.
20. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 16, **caracterizado** porque el bloque generador de referencia de corriente (20) genera la referencia de corriente para el lazo de regulación en cadena cerrada a partir de las señales provenientes del bloque de medida de dimming (18) y del bloque selector de corriente (21).
21. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 14, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo tensión o en modo corriente, conectado a la red de energía alterna o a buses de alimentación de corriente continua, en cualquiera de los siguientes modos de conducción: Modo de Conducción Continuo, Modo de Conducción Discontinuo o en Modo de Conducción Frontera, a frecuencia fija o variable.

22. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 21, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente media, con un solo lazo de regulación.
- 5 23. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 22, **caracterizado** porque la señal de control proveniente del bloque regulador (19) es empleada para generar los pulsos de gobierno del transistor principal del convertidor de potencia conmutado (1), implementando de esta forma un sistema de control en lazo cerrado en modo corriente media.
- 10 24. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 21, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente de pico con un lazo de regulación externo y un lazo de regulación interno.
- 15 25. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 24, **caracterizado** porque la señal de control proveniente del bloque regulador (19) es empleada para generar una señal de control que es complementada con la lectura de la corriente de pico del transistor principal del convertidor de potencia conmutado (1), implementando así un esquema de control por corriente de pico, donde el bloque regulador (19) representa el regulador del lazo externo de control, considerando el lazo interno de control como interno al convertidor de potencia conmutado (1).
- 20 26. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 14, **caracterizado** porque la lámpara de estado sólido (10) es al menos un LED, un OLED o un PLED.
- 25 27. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 26, **caracterizado** porque la lámpara de estado sólido (10) comprende unos medios de disipación de calor por convección natural o forzada.
28. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 14, **caracterizado** porque el bloque de medida de corriente (12) realiza el filtrado de las componentes de alta frecuencia de la corriente de salida que se realimenta al bloque regulador (19).
- 30 29. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 28 **caracterizado** porque ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor de potencia conmutado (1), de forma que el bloque regulador (19) actúa sobre el valor medio de la corriente pulsada modificable mediante el ciclo de trabajo del dimming.
- 35 30. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 14 en el que el bloque de medida de corriente (12) transmite fielmente la corriente de salida al bloque regulador.
31. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 30, **caracterizado** porque ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor de potencia conmutado (1), de forma que la corriente pulsante es interpretada como perturbaciones de alta frecuencia y filtrada por el lazo de regulación en cadena cerrada.
32. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, que además comprende un bloque selector de corriente (21) mediante el cual el usuario selecciona el nivel de corriente continua en modo de funcionamiento normal y el nivel de pico en modo de funcionamiento dimming.
- 45 33. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 32, **caracterizado** porque el bloque selector de nivel de dimming (15) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.
- 50 34. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 32, **caracterizado** porque el usuario accede al bloque selector de nivel de dimming (15) manualmente o mediante comandos emitidos a través de redes de comunicaciones.
- 55 35. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 32, **caracterizado** porque alimenta la lámpara de estado sólido mediante una onda de corriente cuadrada con ancho de pulso modificable, cuyo valor mínimo es nulo y cuyo valor de pico es seleccionable por el usuario.
- 60 36. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 32, **caracterizado** porque el bloque generador de referencia de corriente (20) genera la referencia de corriente para el lazo de regulación en cadena cerrada a partir de las señales provenientes del bloque de medida de dimming (18) y del bloque selector de corriente (21).
- 65 37. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 32, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo tensión o en modo corriente, conectado a la red de energía alterna o a buses de alimentación de corriente continua, en cualquiera de los siguientes modos de conducción: Modo de Conducción Continuo, Modo de Conducción Discontinuo o en Modo de Conducción Frontera, a frecuencia fija o variable.

38. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 37, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente media, con un solo lazo de regulación.
- 5 39. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 38, **caracterizado** porque la señal de control proveniente del bloque regulador (19) es empleada para generar los pulsos de gobierno del transistor principal del convertidor de potencia conmutado (1), implementando de esta forma un sistema de control en lazo cerrado en modo corriente media.
- 10 40. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 37, **caracterizado** porque el convertidor de potencia conmutado (1) funciona en modo corriente e incorpora un control por corriente de pico con un lazo de regulación externo y un lazo de regulación interno.
- 15 41. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 40, **caracterizado** porque la señal de control proveniente del bloque regulador (19) es empleada para generar una señal de control que es complementada con la lectura de la corriente de pico del transistor principal del convertidor de potencia conmutado (1), implementando así un esquema de control por corriente de pico, donde el bloque regulador (19) representa el regulador del lazo externo de control, considerando el lazo interno de control como interno al convertidor de potencia conmutado (1).
- 20 42. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 32, **caracterizado** porque la lámpara de estado sólido (10) es al menos un LED, un OLED o un PLED.
- 25 43. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 42, **caracterizado** porque la lámpara de estado sólido (10) comprende unos medios de disipación de calor por convección natural o forzada.
- 30 44. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 32 **caracterizado** porque el bloque de medida de corriente (12) realiza el filtrado de las componentes de alta frecuencia de la corriente de salida que se realimenta al bloque regulador (19).
- 35 45. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 44, **caracterizado** porque ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor de potencia conmutado (1), de forma que el bloque regulador (19) actúa sobre el valor medio de la corriente pulsada modificable mediante el ciclo de trabajo del dimming.
- 40 46. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 32 en el que el bloque de medida de corriente (12) transmite fielmente la corriente de salida al bloque regulador.
- 45 47. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 46, **caracterizado** porque ejecuta dimming en serie a una frecuencia del mismo orden de magnitud que la frecuencia de conmutación del convertidor de potencia conmutado (1), de forma que la corriente pulsante es interpretada como perturbaciones de alta frecuencia y filtrada por el lazo de regulación en cadena cerrada.
- 50 48. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el interruptor auxiliar (11) es un transistor bipolar, MOSFET o IGBT, con su terminal activo de entrada conectado al cátodo del último diodo de la lámpara de estado sólido (10), con su terminal activo de salida conectado al terminal de entrada del bloque de medida de corriente (12), y cuyo terminal de control recibe, a través de un driver (17), la señal de dimming generada en el bloque generador de pulsos PWM para dimming (16).
- 55 49. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el bloque de medida de corriente (12) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.
- 60 50. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el bloque oscilador principal (13) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.
- 65 51. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el bloque generador de pulsos PWM para dimming (16) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.
52. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el driver (17) de gobierno del interruptor auxiliar (11) está constituido por componentes discretos o circuitos integrados específicos.
53. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el bloque de medida de dimming (18) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

54. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, en el que el bloque selector de corriente (21) está implementado con componentes analógicos, digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

5 55. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque que el usuario accede al bloque selector de corriente (21) manualmente o mediante comandos emitidos a través de redes de comunicaciones.

10 56. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el bloque generador de referencia de corriente (20) está implementado con componentes analógicos, circuitos integrados específicos, componentes digitales y/o mediante bloques funcionales de programa o programas de software.

15 57. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el bloque regulador (19) que implementa el lazo de control en cadena cerrada es analógico.

58. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el bloque regulador (19) que implementa el lazo de control en cadena cerrada es digital.

20 59. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque la lámpara de estado sólido (10) se alimenta mediante una onda de corriente cuadrada con ancho de pulso modificable, cuyo valor mínimo es nulo y cuyo valor de pico es un parámetro de diseño del sistema no seleccionable por el usuario.

25 60. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el valor medio de la onda de corriente que alimenta la lámpara de estado sólido (10) es proporcional al tiempo en el que su valor no es nulo en relación con el periodo de conmutación de dimming.

30 61. Un sistema de dimming PWM en serie según la reivindicación 1, 14 ó 32, **caracterizado** porque el valor de pico de la corriente de salida se mantiene constante independientemente del ciclo de trabajo de dimming empleado mediante la compensación del valor de pico de corriente de salida modificando, por medio del bloque generador de referencia de corriente (20), la referencia de corriente del convertidor de potencia conmutado (1).

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1B

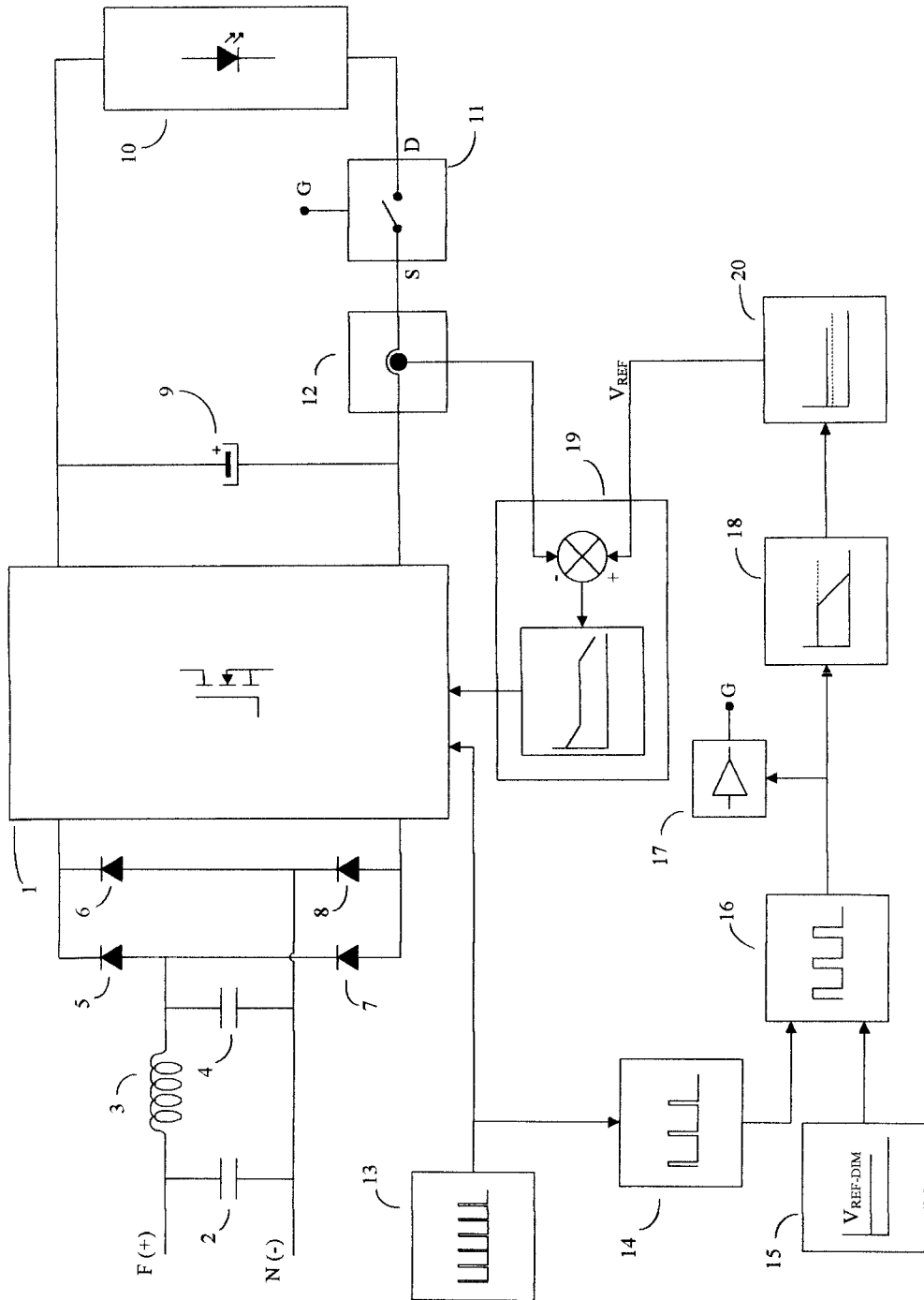


FIG. 2

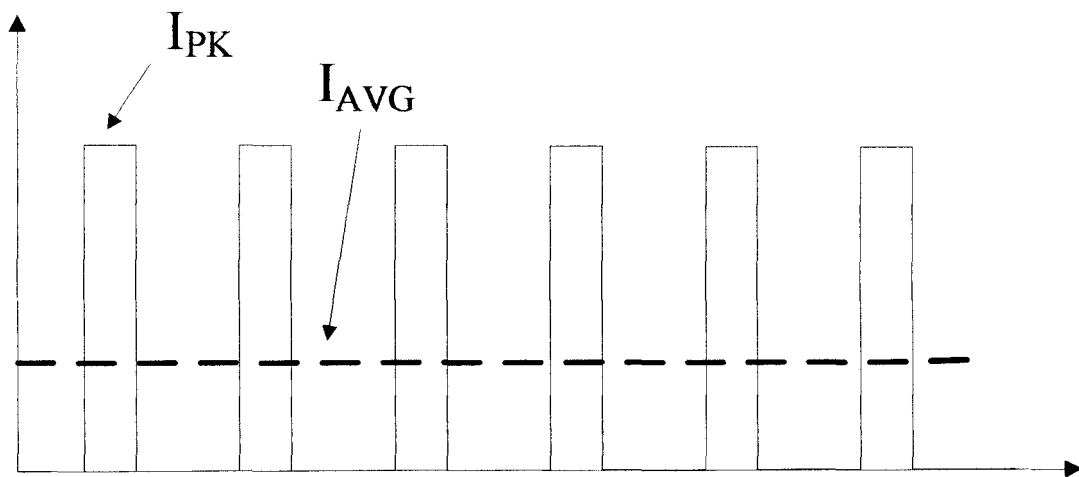
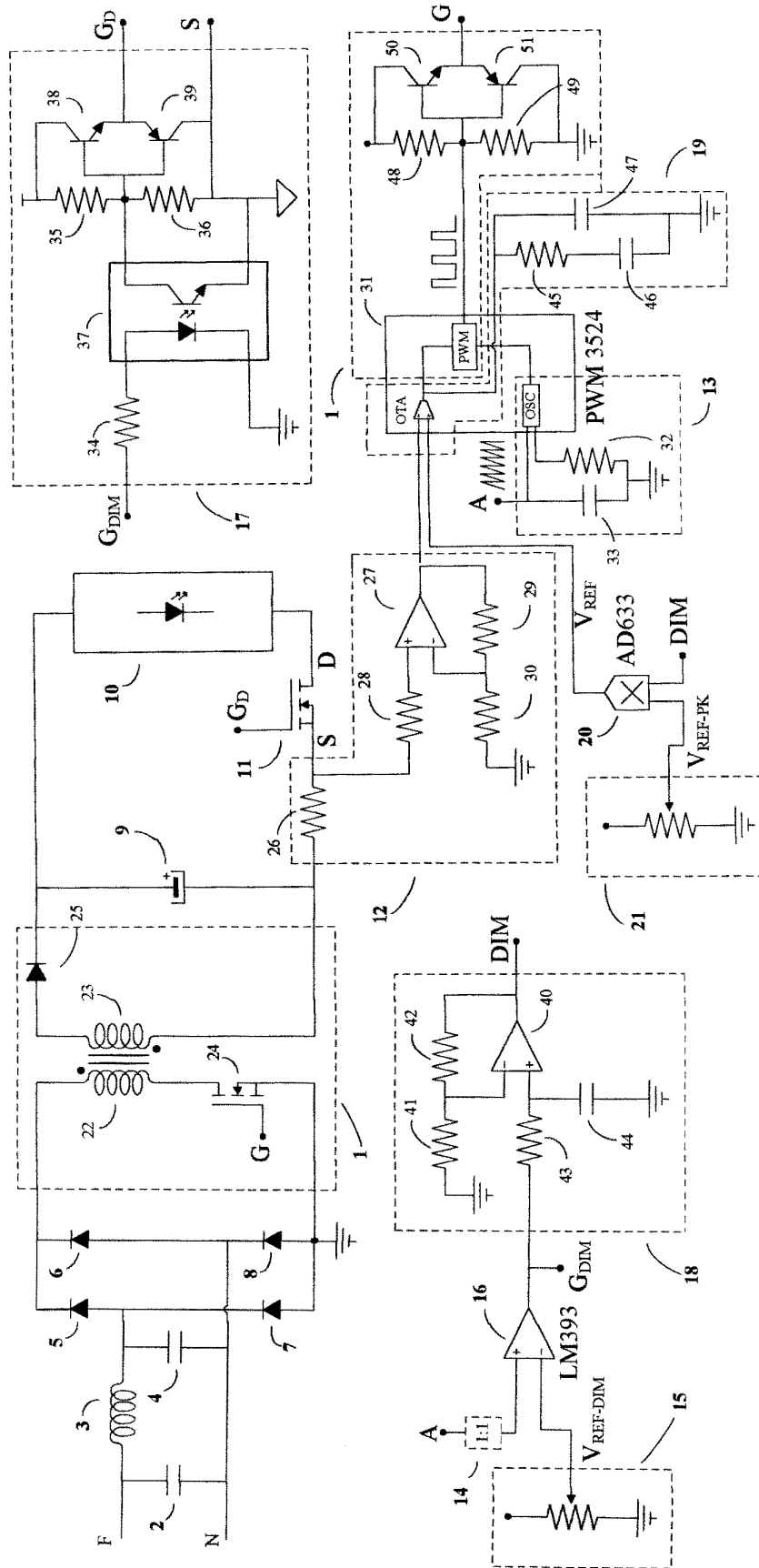


FIG. 3





OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201000223

②② Fecha de presentación de la solicitud: 19.02.2010

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **H05B33/08** (2006.01)
H03K7/08 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	XP 031442735 A "A Universal-Input Single-Stage High-Power-Factor Power Supply for HB-LEDs Based on Integrated Buck-Flyback Converter" (GACIO D. et al). 15.02.2009. Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty-Fourth Annual IEEE, ISBN 978-1-4244-2811-3; todo el documento.	1-61
A	XP 011202576 A 01.03.2008, "A Single-Stage High-Power-Factor Electronic Ballast Based on Integrated Buck Flyback Converter to Supply Metal Halide Lamps" (DALLA COSTA M A. et al). 01.03.2008. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, ISSN 0278-0046; todo el documento.	1-61
A	XP 011202513 A "Integrated Buck-Flyback Converter as a High-Power-Factor Off-Line Power Supply" (ALONSO J M. et al). 01.03.2008. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, ISSN 0278-0046; todo el documento.	1-61
A	ES 2347829 T3 (TRIDONICATCO GMBH & CO KG) 04.11.2010, todo el documento.	1-61

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
16.05.2011

Examinador
J. Calvo Herrando

Página
1/4

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

H05B, H03K

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

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 16.05.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-61	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-61	SI
	Reivindicaciones	NO

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	XP 031442735 A	15.02.2009
D02	XP 011202576 A	01.03.2008
D03	XP 011202513 A	01.03.2008
D04	ES 2347829 T3 (TRIDONICATCO GMBH & CO KG)	04.11.2010

La invención reivindicada presenta un sistema de dimming PWM en serie a alta frecuencia para lámparas de estado sólido. Se considera como el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto reivindicado el documento D01.

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**Reivindicación independiente R1**

El documento D01 divulga un sistema de dimming PWM de alta frecuencia para lámparas de estado sólido que cuenta con un convertidor de potencia conmutado, un filtro EMI, al menos una lámpara de estado sólido, un bloque de medida de corriente, un oscilador principal, un bloque generador de señales PWM y un bloque regulador que genera una señal de control. Además, el documento D01 describe varias maneras de realizar el dimming PWM, entre ellas se describe el "dimming serie" donde otro elemento de conmutación se coloca en serie con la carga para realizar la regulación.

Sin embargo, la implementación del "dimming serie" que describe la invención reivindicada no se considera obvia para un experto en la materia; ya que dicho sistema cuenta con un bloque generador de pulsos PWM para el dimming, un bloque selector de nivel de dimming, un driver para el elemento de conmutación en serie con la carga, un bloque de medida del dimming y un bloque generador de referencia de corriente a partir de la medida del dimming realizado.

En consecuencia, la invención es nueva y se considera que implica actividad inventiva y que tiene aplicación industrial.

Reivindicaciones dependientes R2-R61

Las reivindicaciones R2-R61 son dependientes de la reivindicación R1 y como ella, también cumplen los requisitos de novedad y actividad inventiva, ya que añaden características técnicas adicionales de alcance más limitado, sin modificar la naturaleza esencial de la invención.