

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 670**

51 Int. Cl.:

**H05B 33/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.04.2011 PCT/IB2011/051773**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2011 WO11135504**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2011 E 11723662 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2564669**

54 Título: **Método y aparato para ajustar el rango de salida de luz de la carga de iluminación de estado sólido basada en la configuración máxima y mínima del atenuador de luz**

30 Prioridad:

**27.04.2010 US 328247 P**

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

**28.11.2018**

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)  
High Tech Campus 48  
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**DATTA, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 691 670 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método y aparato para ajustar el rango de salida de luz de la carga de iluminación de estado sólido basada en la configuración máxima y mínima del atenuador de luz

5 Campo técnico

La presente invención está dirigida en general al control de artefactos de iluminación de estado sólido. Más particularmente, diversos métodos y aparatos de la invención divulgados en el presente documento se refieren a

10 ajustar un rango de salida de luz de un sistema de iluminación de estado sólido para compensar los rangos de atenuación de diferentes atenuadores.

Antecedentes

15 Tecnologías de iluminación digital o de estado sólido, es decir, iluminación basada en las fuentes de luz semiconductoras, como los diodos emisores de luz (LED), ofrecen una alternativa viable a las lámparas tradicionales fluorescentes, de descarga de alta intensidad (HID) y las lámparas incandescentes. Las ventajas y beneficios funcionales de los LED incluyen una alta conversión de energía y eficiencia óptica, durabilidad, menores costos operativos y muchos otros. Los recientes avances en tecnología LED han proporcionado fuentes de iluminación de

20 espectro completo eficientes y robustas que permiten una variedad de efectos de iluminación en muchas aplicaciones.

Algunos de los artefactos que incorporan estas fuentes cuentan con un módulo de iluminación, que incluye uno o más LED capaces de producir luz blanca y/o diferentes colores de luz, por ejemplo, rojo, verde y azul, así como un controlador o procesador para controlar independientemente la salida de los LED para generar una variedad de

25 colores y efectos de iluminación que cambian de color, por ejemplo, como se describe en detalle en las patentes de EE. UU. números 6,016,038 y 6,211,626. La tecnología LED incluye luminarias energizadas con voltaje de línea, como la serie ESSENTIALWHITE, disponible en Philips Color Kinetics. Dichas luminarias pueden ser regulables utilizando la tecnología de atenuación de borde posterior, como los atenuadores eléctricos de bajo voltaje (ELV) para

30 voltajes de línea de 120VCA (o voltajes de entrada de la red).

Muchas aplicaciones de iluminación hacen uso de atenuadores de luz. Los atenuadores convencionales funcionan bien con las lámparas incandescentes (bombillas y halógenas). Sin embargo, se producen problemas con otros tipos de lámparas electrónicas, incluidas las lámparas fluorescentes compactas (CFL), las lámparas halógenas de bajo

35 voltaje que utilizan transformadores electrónicos y las lámparas de iluminación de estado sólido (SSL), como los LED y los OLED. Las lámparas halógenas de bajo voltaje que usan transformadores electrónicos, en particular, pueden atenuarse usando atenuadores especiales, como los atenuadores tipo ELV o los atenuadores resistivos-capacitivos (RC), que funcionan adecuadamente con cargas que tienen un circuito de corrección del factor de potencia (PFC) en la entrada.

Los atenuadores convencionales típicamente cortan una porción de cada forma de onda de la señal de voltaje de la red de entrada y pasan el resto de la forma de onda al artefacto de iluminación. Un borde delantero o un atenuador de fase frontal corta el borde anterior de la forma de onda de la señal de voltaje. Un borde de salida o un atenuador de fase inversa corta los bordes de salida de las formas de onda de la señal de voltaje. Las cargas electrónicas,

45 como los controladores de LED, generalmente funcionan mejor con los atenuadores de borde de salida.

A diferencia de los incandescentes y otros dispositivos de iluminación resistiva que responden naturalmente sin error a una onda sinusoidal cortada producida por un atenuador de corte de fase, los LED y otras cargas de iluminación de estado sólido pueden incurrir en una serie de problemas cuando se colocan en tales atenuadores de corte de fase, como la caída de señal final bajo, fallas de encendido del triac, problemas de carga mínima, parpadeo final alto y grandes pasos en la salida de luz.

50

Además, los rangos de atenuación (es decir, el rango entre los ángulos de fase mínimos y máximos de un atenuador) pueden diferir de un atenuador a otro, dependiendo de diversos factores, como el modelo y/o el tipo de atenuador. Por ejemplo, entre los atenuadores convencionales, el voltaje de la raíz media cuadrada (RMS) emitido por el atenuador y visto en la entrada de un convertidor de potencia puede variar desde aproximadamente el 45 por ciento a aproximadamente el 20 por ciento de la red eléctrica total sin interrupciones en los ajustes de atenuación mínimos (correspondiente a los ángulos de fase de atenuador de luz mínimos y los niveles más bajos de salida de luz), y de aproximadamente 75 por ciento a aproximadamente 95 por ciento de la red eléctrica total sin recortar en la configuración de atenuador de luz máxima (correspondiente a los ángulos de fase de atenuador de luz máxima y los niveles más altos de salida de luz). Estas diferencias dan como resultado diversos niveles de atenuación y rangos de atenuación, dependiendo del atenuador. El documento WO2008/023341 divulga un dispositivo para el reconocimiento automático de la atenuación para lámpara fluorescente utilizando un balastro electrónico pero tal dispositivo no se puede utilizar para el manejo LED.

60

65

Las figs. 1A y 1B representan formas de onda cortadas representativas de un voltaje de red de entrada rectificadas recibidas por un convertidor de potencia de diferentes tipos de atenuadores (Atenuador de luz A y Atenuador de luz B), respectivamente, establecidos en sus ajustes de atenuación mínimos. Como se muestra en las Figs. 1A y 1B, el ángulo de fase del atenuador de luz A en su configuración de atenuación mínima es mayor que el ángulo de fase del atenuador de luz B en su configuración de atenuación mínima. Por ejemplo, el atenuador A puede ser un atenuador 6615-POW y el atenuador B puede ser un atenuador DVELV-303P, ambos disponibles de Leviton Manufacturing Co., en cuyo caso, el atenuador de luz A se atenuará solo hasta aproximadamente el 17 por ciento, mientras que el atenuador de luz B atenuará hasta aproximadamente el 6 por ciento. El ángulo de fase de cada atenuador corresponde a un "tiempo de encendido", que es la cantidad de tiempo que cada forma de onda de señal cortada del voltaje de la red de entrada rectificadas no es cero. El tiempo de encendido puede determinarse, por ejemplo, por la cantidad de tiempo que el interruptor electrónico del atenuador correspondiente está "encendido" (es decir, permitiendo que la corriente fluya al convertidor de potencia). Haciendo referencia a las figs. 1A y 1B, El tiempo de encendido  $T_{on_a}$  del atenuador de luz A es mayor que el tiempo de encendido  $T_{on_b}$  del atenuador de luz B.

En consecuencia, el atenuador A proporciona un voltaje RMS mayor a la entrada del convertidor de potencia que el atenuador B, lo que resulta en una mayor salida de luz de la carga de iluminación de estado sólido cuando el atenuador A se establece en su configuración de atenuador mínimo que cuando el atenuador B se establece en su configuración de atenuador mínimo. Debido a la naturaleza no lineal de la respuesta del ojo humano a la intensidad de la luz, la diferencia entre las dos intensidades de ajuste del atenuador más bajo será dramática. Existe una situación similar con respecto a la configuración de atenuación máxima del atenuador de luz A y atenuador de luz B.

#### Resumen

La presente divulgación está dirigida a los métodos y dispositivos de la invención para determinar los ángulos de fase de atenuación mínimos y máximos y ajustar la salida de potencia a una carga de iluminación de estado sólido basada en los ángulos de fase de atenuación máxima y mínima para controlar la cantidad de luz emitida por la carga de iluminación de estado sólido en respuesta a los ángulos de fase de atenuador de luz máximo y mínimo.

La invención está definida por el método de acuerdo con la presente reivindicación 1. Las reivindicaciones independientes definen implementaciones ventajosas adicionales.

Tal como se usa en el presente documento para los fines de la presente divulgación, el término "LED" debe entenderse que incluye cualquier diodo electroluminiscente u otro tipo de sistema basado en inyección/empalme de portadora que sea capaz de generar radiación en respuesta a una señal eléctrica. Por lo tanto, el término LED incluye, pero no se limita a, diversas estructuras basadas en semiconductores que emiten luz en respuesta a la corriente, polímeros emisores de luz, diodos orgánicos emisores de luz (OLED), tiras electroluminiscentes y similares. En particular, el término LED se refiere a los diodos emisores de luz de todos los tipos (incluidos los diodos emisores de luz orgánicos y semiconductores) que pueden configurarse para generar radiación en uno o más del espectro infrarrojo, el espectro ultravioleta y diversas partes del espectro visible (que generalmente incluye longitudes de onda de radiación de aproximadamente 400 nanómetros a aproximadamente 700 nanómetros). Algunos ejemplos de LED incluyen, pero no se limitan a, varios tipos de LED infrarrojos, LED ultravioleta, LED rojos, LED azules, LED verdes, LED amarillos, LED ámbar, LED naranja y LED blanco (explicados más adelante). También se debe tener en cuenta que los LED pueden configurarse y/o controlarse para generar radiación que tenga varios anchos de banda (por ejemplo, anchos completos a la mitad máxima, o FWHM) para un espectro dado (por ejemplo, ancho de banda estrecho, ancho de banda amplio) y una variedad de longitudes de onda dominantes dentro de una categorización de color general dada.

Por ejemplo, una implementación de un LED configurado para generar luz esencialmente blanca (por ejemplo, un artefacto de iluminación de luz blanca LED) puede incluir diversas boquillas que emiten respectivamente diferentes espectros de electroluminiscencia que, en combinación, se mezclan para formar una luz esencialmente blanca. En otra implementación, un artefacto de iluminación blanca LED puede asociarse con un material de fósforo que convierte la electroluminiscencia que tiene un primer espectro en un segundo espectro diferente. En un ejemplo de esta implementación, la electroluminiscencia que tiene un espectro de longitud de onda relativamente corta y un espectro de ancho de banda estrecho "bombea" el material de fósforo, que a su vez irradia una radiación de longitud de onda más larga que tiene un espectro algo más amplio.

También debe entenderse que el término LED no limita el tipo de paquete físico y/o eléctrico de un LED. Por ejemplo, como se discutió anteriormente, un LED puede referirse a un solo dispositivo emisor de luz que tiene múltiples boquillas que están configuradas para emitir respectivamente diferentes espectros de radiación (por ejemplo, que pueden o no ser controlables individualmente). Además, un LED puede estar asociado con un fósforo que se considera parte integral del LED (por ejemplo, algunos tipos de LED de luz blanca). En general, el término LED puede referirse a LED empaquetados, LED no empaquetados, LED de montaje en superficie, LED con chip integrado, LED de montaje en paquete T, LED de paquete radial, LED de paquete de potencia, LED incluyendo algún tipo de envoltura y/o elemento óptico (por ejemplo, una lente difusora), etc.

Debe entenderse que el término “fuente de luz” se refiere a una o más de una variedad de fuentes de radiación, incluidas, pero no limitadas a, fuentes basadas en LED (incluidos uno o más LED como se definió anteriormente), fuentes incandescentes (por ejemplo, lámparas de filamento, lámparas halógenas), fuentes fluorescentes, fuentes fosforescentes, fuentes de descarga de alta intensidad (por ejemplo, vapor de sodio, vapor de mercurio y lámparas de halogenuro metálico), láseres, otros tipos de fuentes electroluminiscentes, fuentes piroluminiscentes (por ejemplo, llamas), fuentes luminiscentes de vela (por ejemplo, mantos de gas, fuentes de radiación de arco de carbono), fuentes fotoluminiscentes (por ejemplo, fuentes de descarga gaseosa), fuentes luminiscentes de cátodo que utilizan la sociedad electrónica, fuentes galvanoluminiscentes, fuentes cristalinoluminiscentes, fuentes cineluminiscentes, fuentes termoluminiscentes, fuentes triboluminiscentes, fuentes sonoluminiscentes, fuentes radioluminiscentes y polímeros luminiscentes.

El término “artefacto de iluminación” o “luminaria” se usa en este documento para referirse a una implementación o disposición de una o más unidades de iluminación en un factor de forma, ensamblaje o paquete en particular. El término “unidad de iluminación” se usa en el presente documento para referirse a un aparato que incluye una o más fuentes de luz de igual o diferente tipo. Una unidad de iluminación determinada puede tener cualquiera de una variedad de disposiciones de montaje para la(s) fuente(s) de luz, las disposiciones y formas de la caja/alojamiento, y/o las configuraciones de conexión eléctrica y mecánica. Además, una unidad de iluminación dada puede estar asociada opcionalmente con (por ejemplo, incluir, estar acoplada y/o empaquetada junto con) otros diversos componentes (por ejemplo, circuitos de control) relacionados con el funcionamiento de la(s) fuente(s) de luz. Una “unidad de iluminación basada en LED” se refiere a una unidad de iluminación que incluye una o más fuentes de luz basadas en LED como se mencionó anteriormente, solo o en combinación con otras fuentes de luz no basadas en LED. Una unidad de iluminación “multicanal” se refiere a una unidad de iluminación basada en LED o no basada en LED que incluye al menos dos fuentes de luz configuradas para, respectivamente, generar diferentes espectros de radiación, en donde cada espectro de fuente diferente puede ser referido como un “canal” de la unidad de iluminación multicanal.

El término “controlador” se usa aquí en general para describir diversos aparatos relacionados con la operación de una o más fuentes de luz. Un controlador puede implementarse de numerosas maneras (por ejemplo, como con un hardware dedicado) para realizar diversas funciones que se describen en este documento. Un “procesador” es un ejemplo de un controlador que emplea uno o más microprocesadores que pueden ser programados usando software (por ejemplo, microcódigo) para realizar diversas funciones discutidas aquí. Un controlador puede implementarse con o sin emplear un procesador, y también puede implementarse como una combinación de hardware dedicado para realizar algunas funciones y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados y circuitos asociados) para realizar otras funciones. Los ejemplos de componentes de controlador que pueden emplearse en diversas realizaciones de la presente divulgación incluyen, pero no se limitan a, microprocesadores convencionales, microcontroladores, circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC) y arreglos de compuertas programables en campo (FPGA).

Debe apreciarse que todas las combinaciones de los conceptos anteriores y los conceptos adicionales que se analizan con mayor detalle a continuación (siempre que dichos conceptos no sean mutuamente inconsistentes) se consideran parte de la materia objeto inventiva divulgada en este documento. En particular, todas las combinaciones de materia reivindicada que aparecen al final de esta divulgación se consideran parte de la materia inventiva descrita en este documento. En particular, todas las combinaciones de la materia objeto reivindicada que aparecen al final de esta divulgación se contemplan como siendo parte de la materia objeto inventiva divulgada en este documento.

#### Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, los caracteres de referencia similares generalmente se refieren a partes iguales o similares en las diferentes vistas. Además, los dibujos no están necesariamente a escala, sino que se hace hincapié, en general, en ilustrar los principios de la invención.

Las figs. 1A-1B muestran formas de onda de diferentes atenuadores convencionales en sus respectivos ajustes mínimos de atenuador.

La fig. 2 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de iluminación regulable, de acuerdo con una realización representativa.

La fig. 3 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de control de una cantidad de potencia entregada por un convertidor de potencia a una carga de iluminación de estado sólido, de acuerdo con una realización representativa.

La fig. 4 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de determinación de los ángulos de fase máximos y mínimos de un atenuador, de acuerdo con una realización representativa.

Las figs. 5A-5B son gráficos que muestran ángulos de fase de atenuador frente a valores de señal de control de potencia entre puntos finales altos y bajos, de acuerdo con una realización representativa.

La fig. 6 es un diagrama de circuito que muestra un circuito de control para un sistema de iluminación, de acuerdo con un ejemplo comparativo representativo.

5 Las figs. 7A-7C muestran formas de onda de muestra y los pulsos digitales correspondientes de un atenuador, de acuerdo con una realización representativa.

La fig. 8 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de detección de ángulos de fase, de acuerdo con una realización representativa.

10 Descripción detallada

En la siguiente descripción detallada, con fines de explicación y no de limitación, se exponen realizaciones representativas que describen detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión completa de las presentes enseñanzas. Sin embargo, será evidente para un experto en la técnica que tenga el beneficio de la presente divulgación que otras realizaciones de acuerdo con las presentes enseñanzas que se apartan de los detalles específicos divulgados en este documento permanecen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, las descripciones de aparatos y métodos bien conocidos pueden omitirse para no oscurecer la descripción de las realizaciones representativas.

20 Los solicitantes han reconocido y apreciado que sería beneficioso proporcionar un circuito capaz de ajustar la salida de potencia mediante un convertidor de potencia a una carga de iluminación de estado sólido para compensar las diferencias en los niveles de atenuación máximos y mínimos proporcionados por diferentes atenuadores, proporcionando así niveles uniformes de salida final alta y final baja por la carga de iluminación de estado sólido.

25 En general, es deseable tener la misma cantidad de salida de luz de una carga de iluminación de estado sólido en las configuraciones de atenuador máximo y mínimo, respectivamente, independientemente del tipo de atenuador (por ejemplo, modelo y fabricante) al que está conectada la carga de iluminación de estado sólido. En diversas realizaciones, los ángulos de fase máximos y mínimos de un atenuador particular se detectan durante el funcionamiento de la carga de iluminación de estado sólido. La potencia de salida de un convertidor de potencia que impulsa la carga de iluminación de estado sólido se ajusta entonces de forma dinámica, en función de los ángulos de fase de atenuador máximos y mínimos detectados, de modo que el nivel de salida de luz por la carga de iluminación de estado sólido en el ángulo de fase de atenuador máximo es un valor final alto predeterminado y el nivel de salida de luz por la carga de iluminación de estado sólido en los ángulos de fase de atenuador mínimo es un valor final bajo predeterminado.

35 La fig. 2 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de iluminación regulable, que incluye un atenuador, un circuito de detección de ángulo de fase de atenuador, un convertidor de potencia y un artefacto de iluminación de estado sólido, de acuerdo con una realización representativa.

40 Haciendo referencia a la fig. 2, el sistema 200 de iluminación incluye el atenuador 204 y el circuito 205 de rectificación, que proporcionan un voltaje rectificado (atenuado) Urect de la red 201 de voltaje. La red 201 de voltaje puede proporcionar diferentes voltajes de entrada no rectificadas de red, como 100VAC, 120VAC, 230VAC y 277VAC, de acuerdo con diversas implementaciones. El atenuador 204 es un atenuador de corte de fase, por ejemplo, que proporciona capacidad de atenuación cortando los bordes de salida (atenuador del borde de salida) o los bordes delanteros (atenuador del borde delantero) de las formas de onda de la señal de voltaje de la red 201 de voltaje en respuesta al funcionamiento vertical de su deslizador 204a. Para fines de discusión, se supone que el atenuador 204 es un atenuador de borde trasero.

50 En general, la magnitud del voltaje rectificado Urect es proporcional a un ángulo de fase o nivel de atenuación establecido por el atenuador 204, de modo que un ángulo de fase correspondiente a un ajuste del atenuador más bajo da como resultado un bajo voltaje rectificado Urect. En el ejemplo representado, se puede suponer que el deslizador 204a se mueve hacia abajo para disminuir el ángulo de fase, reduciendo la cantidad de luz emitida por la carga 240 de iluminación de estado sólido, y se mueve hacia arriba para aumentar el ángulo de fase, aumentando la cantidad de salida de luz por la carga 240 de iluminación de estado sólido. Por lo tanto, la atenuación mínima se produce cuando el deslizador 204a está en la posición superior (como se muestra en la Figura 2), y la mayor atenuación ocurre cuando el deslizador 204a está en su posición inferior.

60 El sistema 200 de iluminación incluye además un circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuador y el convertidor 220 de potencia. El circuito 210 de detección de ángulo de fase del atenuador está configurado para determinar un ángulo de fase (nivel de atenuación) del atenuador 204 representativo basado en el voltaje rectificado Urect, y para ajustar dinámicamente un punto de operación del convertidor 220 de potencia basado, en parte, en el ángulo de fase determinado, utilizando una señal de control de potencia. El convertidor 220 de potencia recibe el voltaje rectificado Urect del circuito 205 de rectificación y la señal de control de potencia a través de la línea 229 de control, y envía un voltaje de CC correspondiente para alimentar la carga 240 de iluminación de estado sólido. El convertidor 220 de potencia convierte entre el voltaje rectificado Urect y el voltaje de CC en función de al menos la magnitud del voltaje rectificado Urect y el valor de la señal de control de potencia recibida del circuito 210 de

detección de ángulo de fase del atenuador. La salida de voltaje de CC del convertidor 220 de potencia refleja, por lo tanto, el voltaje rectificado Urect y el ángulo de fase del atenuador aplicado por el atenuador 204. En diversas realizaciones, el convertidor 220 de potencia funciona en un bucle abierto o hacia adelante, como se describe en la Patente de Estados Unidos No. 7,256,554 de Lys.

En diversas realizaciones, la señal de control de potencia puede ser una señal de modulación de ancho de pulso (PWM), por ejemplo, que alterna entre niveles altos y bajos de acuerdo con un ciclo de trabajo seleccionado. Por ejemplo, la señal de control de potencia puede tener un ciclo de trabajo alto (por ejemplo, 76 por ciento) correspondiente a un tiempo de encendido final alto del atenuador 204 y un ciclo de trabajo bajo (por ejemplo, 12 por ciento) correspondiente al tiempo de encendido final bajo del atenuador 204. Cuando el atenuador 204 se establece entre los ángulos de fase máximo y mínimo, el circuito 210 de detección del ángulo de fase del atenuador determina además un ciclo de trabajo de la señal de control de potencia que corresponde específicamente al ángulo de fase del atenuador detectado, determinado de acuerdo con una función ajustada para los ángulos de fase máximos y mínimos, como se explica a continuación.

El atenuador 204 puede ser uno de una variedad de tipos de atenuadores de corte de fase compatibles con la carga 240 de iluminación de estado sólido, por ejemplo, disponible de diversos fabricantes. En general, cada uno de los diferentes tipos de atenuadores proporciona diferentes ángulos de fase máximos y mínimos predeterminados correspondientes a los ajustes de atenuador más alto y más bajo. En otras palabras, los diferentes tipos de atenuadores tienen valores diferentes para los tiempos de encendido finales altos en configuraciones máximas de atenuador y para los tiempos de encendido finales bajos en configuraciones mínimas de atenuador, respectivamente, de las ondas sinusoidales cortadas, donde "en tiempo" es la cantidad de tiempo que cada forma de onda de señal cortada del voltaje de la red de entrada rectificadas no es cero, como se explicó anteriormente. Por lo tanto, cada ángulo de fase de atenuador tiene un tiempo de encendido correspondiente y viceversa. En un sistema de iluminación convencional, los diferentes valores de tiempo de encendido de los diferentes tipos de atenuadores se traducen en diferentes niveles de luz y diferentes rangos de atenuación generados por la carga 240 de iluminación de estado sólido en respuesta a lo que de otra manera parece ser la misma configuración de atenuador.

Sin embargo, según diversas realizaciones, el circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuador ejecuta un algoritmo para detectar el ángulo de fase máximo (correspondiente al tiempo de encendido final alto) y al ángulo de fase mínimo (correspondiente al tiempo de encendido final bajo) del atenuador 204 particular, y para ajustar la señal de control de potencia, de modo que la potencia de salida de final alto y final bajo entregada por el convertidor 220 de potencia a la carga 240 de iluminación de estado sólido en respuesta a los ángulos de fase máximos y mínimos del atenuador 204 es el mismo, independientemente del tipo de atenuador. Por consiguiente, los niveles de salida de luz por la carga 240 de iluminación de estado sólido también son los mismos en los ángulos de fase máximo y mínimo del atenuador 204, independientemente del tipo de atenuador. Por lo tanto, los niveles de salida de luz de final alto y de final bajo se establecen independientemente del tipo de atenuador y de los ángulos de fase máxima y mínima reales del atenuador.

Por ejemplo, cuando un tipo de atenuador tiene un tiempo de encendido más alto que otro tipo de atenuador, el circuito 210 de detección del ángulo de fase del atenuador sintonizará la señal de control de potencia de modo que la luz emitida por la carga 240 de iluminación de estado sólido en la configuración máxima de ambos atenuadores es el mismo. De manera similar, cuando un tipo de atenuador tiene un tiempo de encendido final bajo más corto que otro tipo de atenuador, el circuito 210 de detección del ángulo de fase del atenuador sintonizará la señal de control de potencia de modo que la luz emitida por la carga 240 de iluminación de estado sólido en el ajuste mínimo de ambos atenuadores es el mismo.

La fig. 3 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de control de una cantidad de potencia entregada por un convertidor de potencia a una carga de iluminación de estado sólido, de acuerdo con una realización representativa. El proceso puede implementarse, por ejemplo, mediante firmware y/o software ejecutado por el circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuador mostrado en la FIG. 2, o por el microcontrolador 615 de la fig. 6, discutido a continuación.

En el bloque S310, las relaciones se determinan inicialmente entre diversos ángulos de fase (tiempos de encendido del atenuador) y valores de señal de control de potencia para proporcionar los niveles deseados de final alto y final bajo de salida de luz deseados por la carga 240 de iluminación de estado sólido, cuando el atenuador 204 se ajusta a la configuración de atenuador máxima y mínima, respectivamente. Las relaciones se almacenan para un acceso futuro mediante el circuito 210 de detección de ángulo de fase del atenuador, para que el circuito 210 de detección de ángulo de fase del atenuador determine una función apropiada que defina una curva correspondiente a un rango de salida de luz de la carga 240 de iluminación de estado sólido basada en los ángulos de fase del atenuador máximo y mínimo y los valores de señal de control de potencia asociados, y para calcular los valores de señal de control de potencia correspondientes a los ángulos de fase del atenuador intermedio basados en la función, como se explica a continuación. Por ejemplo, los valores de tiempo de encendido del atenuador y de señal de control de potencia asociados se pueden utilizar para rellenar las tablas correspondientes a la configuración máxima y mínima del atenuador, o pueden guardarse en una base de datos relacional, aunque se pueden incorporar otros medios

para almacenar los valores de tiempo de encendido del atenuador y de señal de control de potencia asociados sin apartarse del alcance de las presentes enseñanzas.

Inicialmente, los niveles deseados de salida de luz de final alto y de final bajo (por ejemplo, indicados en lúmenes) se seleccionan para ser emitidos por la carga 240 de iluminación de estado sólido en la configuración máxima y mínima del atenuador, respectivamente. Por ejemplo, se puede seleccionar un nivel de salida de luz de 500 lúmenes como el nivel de final alto y un nivel de salida de luz de 25 lúmenes se puede seleccionar como el nivel de luz de final bajo. Para el nivel de luz de final alto seleccionado, se determina un valor de la señal de control de potencia para cada uno de los múltiples tiempos de encendido de final alto posibles (ángulos de fase máxima) correspondientes a varios tipos de atenuadores, donde cada valor de señal de control de potencia establece un punto de operación del convertidor 220 de potencia para impulsar la carga 240 de iluminación de estado sólido para generar 500 lúmenes en respuesta al tiempo de encendido final alto. Del mismo modo, para el nivel de luz mínimo seleccionado, se determina un valor de la señal de control de potencia para cada uno de los múltiples tiempos de encendido del final bajo posibles (ángulos de fase mínimos) correspondientes a los diversos tipos de atenuadores, donde cada valor de señal de control de potencia establece un punto de operación del convertidor 220 de potencia para impulsar la carga 240 de iluminación de estado sólido para generar 25 lúmenes en respuesta al tiempo de encendido del final bajo.

De acuerdo con diversas realizaciones, los valores de la señal de control de potencia pueden determinarse de acuerdo con una variedad de medios, sin apartarse del alcance de las presentes enseñanzas. Por ejemplo, el valor determinado puede ser un porcentaje del valor máximo posible de la señal de control de potencia. Además, la señal de control de potencia puede tener un ciclo de trabajo porcentual, como se explica a continuación, que varía de 100 por ciento a cero por ciento, en cuyo caso el valor de la señal de control de potencia determinado puede ser un ciclo de trabajo porcentual dentro de este rango. Los valores de la señal de control de potencia pueden determinarse empíricamente, por ejemplo, en la etapa de diseño, fabricación y/o instalación. Por ejemplo, los tiempos de encendido y la señal de control de potencia de un atenuador particular pueden variar para encontrar los valores de la señal de control de potencia en los ángulos de fase de atenuador máximos y mínimos necesarios para que la carga 240 de iluminación de estado sólido produzca los lúmenes deseados. Alternativamente, los valores de la señal de control de potencia pueden ser determinados teóricamente, como sería evidente para un experto en la técnica, sin apartarse del alcance de las presentes enseñanzas.

En diversas formas de realización, los valores de tiempo de encendido del atenuador y de señal de control de potencia para generar el nivel de salida de luz de final alto pueden llenar una primera tabla de consulta, y los valores de tiempos de encendido del atenuador y de señal de control de potencia correspondientes para generar el nivel de salida de luz de final bajo pueden poblar una segunda tabla de consulta. Para los fines de la discusión, la Tabla 1 proporciona un ejemplo de la primera tabla de consulta, que incluye asociaciones recopiladas empíricamente entre valores de tiempo de encendido atenuador de final alto y de señal de control de potencia que dan como resultado una salida de 500 lúmenes por la carga 240 de iluminación de estado sólido.

Tabla 1

Tiempo de encendido del atenuador	Señal de Control de potencia	Salida de Lúmenes
7.0 ms	90%	500
7.2 ms	87%	500
7.4 ms	82%	500
7.6 ms	80%	500
7.8 ms	78%	500
8.0 ms	76%	500
8.2 ms	74%	500

Como se mencionó anteriormente, el tiempo de encendido del atenuador es la cantidad de tiempo que cada forma de onda de señal cortada del voltaje de la red de entrada rectificadas no es cero (por ejemplo, corresponde efectivamente a la cantidad de tiempo que el interruptor electrónico del atenuador está "encendido"), ejemplos de los cuales son mostrados por  $T_{on_a}$  y  $T_{on_b}$  en las Figs. 1A y 1B. Refiriéndose a las entradas representativas en la Tabla 1, por ejemplo, un atenuador que emite una forma de onda de señal con un tiempo de encendido de solo 7.0 ms en su configuración máxima requiere una señal de control de potencia relativamente grande (por ejemplo, con un ciclo de trabajo del 90 por ciento) para el convertidor 220 de potencia para impulsar la carga 240 de iluminación de estado sólido para generar 500 lúmenes. En comparación, un atenuador que emite una forma de onda de señal que tiene

un tiempo de encendido de 8.2 ms en su configuración máxima requiere una señal de control de potencia relativamente pequeña (por ejemplo, que tiene un ciclo de trabajo del 74 por ciento) para que el convertidor 220 de potencia impulse la carga 240 de iluminación de estado sólido para generar 500 lúmenes. Por lo tanto, para diferentes valores de los tiempos de encendido del atenuador (diferentes voltajes de entrada RMS al convertidor 220 de potencia), la señal de control de potencia puede ajustarse de modo que el nivel de salida de luz sea un valor final alto fijo en la configuración máxima del atenuador.

De manera similar, para fines de discusión, la Tabla 2 proporciona un ejemplo de la segunda tabla de consulta que incluye asociaciones recopiladas empíricamente entre los valores de los tiempos de encendido del atenuador de final bajo y de la señal de control de potencia que dan como resultado una salida de 25 lúmenes por la carga 240 de iluminación de estado sólido:

Tabla 2

Tiempo de encendido del atenuador	Señal de control de potencia	Salida de Lúmenes
1.0 ms	16%	25
1.2 ms	14%	25
1.4 ms	12%	25
1.6 ms	10%	25
1.8 ms	8%	25
2.0 ms	6%	25
2.2 ms	4%	25

Refiriéndose a las entradas representativas en la Tabla 2, por ejemplo, un atenuador que emite una forma de onda de señal que tiene un tiempo de encendido de solo 1.0 ms en su configuración mínima requiere una señal de control de potencia relativamente grande (por ejemplo, que tiene un ciclo de trabajo del 16 por ciento) para el convertidor 220 de potencia para impulsar la carga 240 de iluminación de estado sólido para generar 25 lúmenes. En comparación, un atenuador que emite una forma de onda de señal con un tiempo de encendido de 2.2 ms en su configuración mínima requiere una señal de control de potencia relativamente pequeña (por ejemplo, con un ciclo de trabajo del 4 por ciento) para que el convertidor 220 de potencia impulse la carga 240 de iluminación de estado sólido a la salida de 25 lúmenes. Por lo tanto, para diferentes valores de los tiempos de atenuación del atenuador (diferentes voltajes de entrada RMS al convertidor 220 de potencia), la señal de control de potencia puede ajustarse de modo que el nivel de salida de la luz sea un valor final bajo fijo en el ajuste mínimo del atenuador.

El rango de los tiempos de encendido en las Tablas 1 y 2 puede abarcar respectivamente los diferenciales conocidos de los tiempos de encendido de los finales altos y bajos de los atenuadores especificados para un producto en particular (carga 240 de iluminación de estado sólido). En diversas formas de realización, las Tablas 1 y 2 pueden almacenarse en el circuito 210 de detección de ángulo de fase del atenuador, de modo que, para un tiempo de encendido del atenuador de final alto o final bajo, se determina el valor correcto de la señal de control de potencia y se entrega al convertidor 220 de potencia para producir el nivel de salida de luz alto o bajo prescrito. Además, aunque las Tablas 1 y 2 representativas muestran los tiempos de encendido del atenuador para indicar el nivel de atenuación establecido por el atenuador, se entiende que las Tablas 1 y 2 podrían mostrar alternativamente los ángulos de fase del atenuador para indicar el nivel de atenuación establecido por el atenuador, saliendo del ámbito de las enseñanzas actuales.

Refiriéndose nuevamente a la FIG. 3, en el bloque S320, la carga 240 de iluminación de estado sólido se conecta al atenuador 204, junto con el circuito 210 de detección de ángulo de fase del atenuador y el convertidor 220 de potencia, y se opera con diferentes configuraciones de atenuador del atenuador 204. Durante esta operación, los ángulos de fase máximos y mínimos asociados con el atenuador 204 se determinan mediante el proceso descrito por el bloque S330. La determinación de los ángulos de fase máximos y mínimos se puede realizar detectando dinámicamente los diversos ángulos de fase de atenuación e identificando el mayor y el menor de los ángulos de fase detectados (por ejemplo, que tiene los tiempos de encendido del atenuador más largos y más bajos, respectivamente) como los ángulos de fase máximos y mínimos.

La fig. 4 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de determinación de los ángulos de fase máximos y mínimos de un atenuador, de acuerdo con una realización representativa. El proceso puede implementarse, por ejemplo, mediante firmware y/o software ejecutado por el circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuación mostrado en la FIG. 2, o por el microcontrolador 615 de la fig. 6, discutido a continuación.

Haciendo referencia a la fig. 4, se establece un ángulo de fase máximo inicial y un ángulo de fase mínimo inicial del atenuador 204 en el bloque S431 para comenzar el proceso. Los ángulos de fase máximos y mínimos iniciales se pueden establecer en valores nominales predeterminados. Por ejemplo, los ángulos de fase máximos y mínimos iniciales pueden ajustarse a un ángulo de fase máximo promedio previamente calculado y a un ángulo de fase mínimo promedio de una muestra de atenuadores que son compatibles con la carga 240 de iluminación de estado sólido. Alternativamente, los ángulos de fase máximos y mínimos iniciales pueden establecerse en valores altos y bajos arbitrariamente determinados. Además, los ángulos de fase máximos y mínimos iniciales pueden recuperarse de la memoria en la que se almacenaron después de la operación previa del sistema 200 de iluminación, lo que puede evitar tener que recalcular los ángulos de fase máximos y mínimos reales durante cada operación de la carga 240 de iluminación de estado sólido.

En el bloque S432, se determina el ángulo de fase del atenuador. Por ejemplo, el ángulo de fase puede detectarse de acuerdo con el algoritmo representado en la FIG. 8, discutido a continuación, o recuperado de la memoria (por ejemplo, en el que la información del ángulo de fase se almacenó en el bloque S827 de la FIG. 8). En diversas formas de realización, el ángulo de fase del atenuador se determina a lo largo del funcionamiento del sistema 200 de iluminación, de modo que cualquier cambio en el ángulo de fase del atenuador, en respuesta a los cambios en la configuración del atenuador 204, se detectan y procesan.

Se determina en el bloque S433 si el ángulo de fase detectado es menor que el ángulo de fase mínimo actual (por ejemplo, que es el ángulo de fase mínimo inicial durante al menos el primer ciclo). Cuando se determina que el ángulo de fase detectado actualmente es menor que el ángulo de fase mínimo (bloque S433: Sí), el ángulo de fase mínimo anterior se reemplaza con el ángulo de fase actualmente detectado en el bloque S434. Cuando se determina que el ángulo de fase detectado actualmente no es menor que el ángulo de fase mínimo (bloque S433: No), el proceso pasa al bloque S435, en el que se determina si el ángulo de fase detectado es mayor que el ángulo de fase máximo actual (por ejemplo, el ángulo de fase máximo inicial durante al menos el primer ciclo).

Cuando se determina que el ángulo de fase detectado actualmente es mayor que el ángulo de fase máximo (bloque S435: Sí), el ángulo de fase máximo anterior se reemplaza con el ángulo de fase detectado actualmente en el bloque S436. Cuando se determina que el ángulo de fase detectado actualmente no es mayor que el ángulo de fase mínimo (bloque S435: No), el proceso pasa al bloque S437. Por supuesto, en realizaciones alternativas, la determinación de si el ángulo de fase detectado es mayor que el ángulo de fase máximo actual puede realizarse antes o simultáneamente con la determinación de si el ángulo de fase detectado es menor que el ángulo de fase mínimo actual, sin apartarse del alcance de las enseñanzas actuales.

En el bloque S437, los ángulos de fase máximos y mínimos del atenuador, así como el ángulo de fase detectado, se devuelven al proceso representado en la FIG. 3. En diversas realizaciones, los ángulos de fase máximos y mínimos pueden devolverse al proceso representado en la FIG. 3 solo cuando se han realizado cambios en los ángulos de fase mínimos y/o máximos. De lo contrario, el proceso representado en la FIG. 3 continúa utilizando los ángulos de fase máximos y mínimos iniciales o más recientemente determinados. El ángulo de fase del atenuador detectado se devuelve para que se pueda determinar el valor de la señal de control de potencia para controlar la potencia de salida del convertidor 220 de potencia mediante una función determinada a partir de los ángulos de fase máximo y mínimo, como se explica a continuación.

Mientras tanto, el proceso de detección del ángulo de fase de la FIG. 4 continúa volviendo al bloque S432, donde nuevamente se detecta el ángulo de fase del atenuador. Los bloques S433 a S437 se repiten durante el funcionamiento del sistema de iluminación. Eventualmente, el atenuador 204 se ajustará a su configuración de atenuador más alta y más baja, y se identificarán los ángulos de fase máximos y mínimos reales correspondientes. Sin embargo, el circuito 210 de detección del ángulo de fase del atenuador continuará generando señales de control de potencia correspondientes a los ángulos de fase del atenuador detectados, como se explica a continuación, de modo que el control de atenuación se pueda realizar en algún nivel, antes, durante y después de que se hayan determinado los ángulos de fase máximos y mínimos reales.

Refiriéndose nuevamente a la FIG. 3, en el bloque S340, se identifican los valores de la señal de control de potencia correspondientes a los ángulos de fase máximos y mínimos detectados en el proceso del bloque S330. Esto se puede lograr utilizando las relaciones entre los ángulos de fase y los valores de la señal de control de potencia determinados en el bloque S310. Por ejemplo, los ángulos de fase máximos y mínimos tienen los tiempos de encendido de final alto y final bajo correspondientes, que llenan las tablas primera y segunda previamente almacenadas, como se explicó anteriormente. Para fines de discusión, se puede suponer que se ha determinado que el tiempo de finalización superior es de 8.0 ms y que se ha determinado que el tiempo de encendido de final bajo es de 1.4 ms, por ejemplo. Con referencia a la Tabla 1, el valor de la señal de control de potencia correspondiente al tiempo de encendido de final alto de 8.0 ms es del 76 por ciento (para producir un nivel de salida de luz de 500 lúmenes), y en referencia a la Tabla 2, el valor de la señal de control de potencia correspondiente al tiempo de encendido de final bajo de 1.4 ms es del 12 por ciento (para obtener un nivel de salida de luz de 25 lúmenes).

En el bloque S350, una función, que representa el rango de atenuación de la luz emitida por la carga 240 de iluminación de estado sólido entre los puntos finales altos y bajos correspondientes a las configuraciones de atenuador máxima y mínima, se determina utilizando los ángulos de fase mínimos y máximos (tiempos de encendido alto y bajo) y los valores de señal de control de potencia correspondientes. En general, cualquiera de una variedad de funciones que relacionan los valores de la señal de control de potencia con ángulos de fase del atenuador (o tiempos de encendido) se pueden usar en diversas realizaciones, dependiendo de los requisitos de diseño específicos de la aplicación y las implementaciones deseadas, como sería evidente para un experto en la materia, siempre que la función no tenga grandes pasos para evitar grandes pasos en la salida de luz por la carga 240 de iluminación de estado sólido.

Las figs. 5A y 5B muestran ejemplos de funciones "suaves" o sustancialmente continuas que relacionan los valores de la señal de control de potencia (eje vertical) y los tiempos de atenuación del atenuador (eje horizontal), donde la fig. 5A muestra una función lineal y la fig. 5B muestra una función no lineal. Para fines de discusión, se puede suponer nuevamente que se determinó que el valor de del tiempo de encendido final alto y de la señal de control de potencia correspondiente es de 8.0 ms y 76 por ciento, y que el valor del tiempo de encendido de final bajo y de la señal de control de potencia correspondiente es de 1.4 ms y 12 por ciento, por ejemplo. Al establecer correctamente el punto final alto H y el punto final bajo L de la función para cada atenuador, los niveles de luz alta y baja correspondientes al punto final alto H y el punto final bajo L pueden hacerse iguales de atenuador a atenuador.

Aunque ambas figuras 5A y 5B muestran el tiempo de encendido del atenuador en milisegundos, para fines de explicación, se entiende que cada uno de los valores de tiempo tiene un ángulo de fase de atenuador correspondiente, como se explicó anteriormente, de manera tal que el tiempo de finalización bajo (por ejemplo, 1.4 ms) tiene un ángulo de fase mínimo correspondiente y el tiempo de encendido de final alto (por ejemplo, 8.0 ms) tiene un ángulo de fase máximo correspondiente. Además, cualquier función se puede usar para establecer un rango de atenuación deseado de la salida de luz por la carga 240 de iluminación de estado sólido, siempre que sea suave y sin grandes pasos.

En el bloque S360 de la fig. 3, una señal de control de potencia se calcula y genera con base en la función de rango de salida de luz determinada en el bloque S350. Por supuesto, si se determina que el ángulo de fase del atenuador detectado en el proceso del bloque S330 (por ejemplo, en el bloque S432) es un ángulo de fase máximo o un ángulo de fase mínimo, entonces ya se conoce el valor de la señal de control de potencia correspondiente (por ejemplo, de la primera y segunda tablas de consulta). Sin embargo, para los ángulos de fase de atenuador detectados entre los ángulos de fase máxima y mínima (ángulos de fase de atenuador provisionales), el valor de la señal de control de potencia se ajusta mediante el circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuador, según la función, de modo que los ángulos de fase de atenuador provisionales dan como resultado niveles provisionales correspondientes de salida de luz por la carga 240 de iluminación de estado sólido. En otras palabras, en los ejemplos representados en las Figs. 5A y 5B, cada uno de los ángulos de fase de atenuador de luz provisionales se puede trazar a lo largo de la curva lineal o no lineal, en función del ángulo de fase de atenuador detectado (o tiempo de encendido del atenuador).

El circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuación envía la señal de control de potencia al convertidor 220 de potencia. En respuesta, se establece el punto de operación del convertidor 220 de potencia, y el convertidor 220 de potencia entrega energía a la carga 240 de iluminación de estado sólido correspondiente al voltaje de entrada RMS y la señal de control de potencia, de modo que se emite un nivel de luz uniformemente atenuado por la carga 240 de iluminación de estado sólido independientemente del tipo de atenuador.

Por lo tanto, de acuerdo con diversas realizaciones, el circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuador está configurado para identificar los ángulos de fase máximos y mínimos del atenuador 204, y para emitir señales de control de potencia que controlan el convertidor 220 de potencia, de manera que la carga 240 de iluminación de estado sólido genera un alto nivel de luz predeterminado en respuesta al ángulo de fase máximo y un bajo nivel de luz predeterminado en respuesta al ángulo de fase mínimo. El circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuador también genera señales de control de potencia correspondientes a los ángulos de fase de atenuación provisionales detectados entre los ángulos de fase máximos y mínimos basados en una función de rango de salida de luz, que puede ser lineal o no lineal. El circuito 210 de detección de ángulo de fase más débil emite la señal de control de potencia, por ejemplo, a través de una línea 229 de control, al convertidor 220 de potencia, que ajusta dinámicamente el punto de operación del convertidor 220 de potencia, como se explicó anteriormente. Por lo tanto, la potencia suministrada a la carga 240 de iluminación de estado sólido está determinada por el voltaje de entrada RMS y la señal de control de potencia.

La fig. 6 es un diagrama de circuito que muestra un circuito de control para un sistema de iluminación, que incluye un circuito de detección de ángulo de fase de atenuación, un convertidor de potencia y un dispositivo de iluminación de estado sólido, de acuerdo con un ejemplo comparativo. Los componentes generales de la fig. 6 son similares a los de la fig. 2, aunque se proporciona más detalle con respecto a diversos componentes representativos, de acuerdo con una configuración ilustrativa. Por supuesto, se pueden implementar otras configuraciones sin apartarse del alcance de las presentes enseñanzas.

Haciendo referencia a la fig. 6, el circuito 600 de control incluye el circuito 605 de rectificación y el circuito 610 de detección de ángulo de fase del atenuador (recuadro punteado). Como se discutió anteriormente con respecto al circuito 205 de rectificación, el circuito 605 de rectificación está conectado a un atenuador conectado entre el circuito 605 de rectificación y la red de voltaje para recibir voltaje no rectificado (atenuado), indicado por las entradas caliente y neutra atenuadas. En la configuración representada, el circuito 605 de rectificación incluye cuatro diodos D601-D604 conectados entre el nodo N2 de voltaje rectificado y tierra. El nodo N2 de voltaje rectificado recibe el voltaje rectificado Urect, y está conectado a tierra a través del condensador de filtrado de entrada C615 conectado en paralelo con el circuito 605 de rectificación.

El circuito 610 de detección de ángulo de fase del atenuador realiza un proceso de detección de ángulo de fase basado en el voltaje rectificado Urect. El ángulo de fase correspondiente al nivel de atenuación establecido por el atenuador se detecta en función de la extensión del corte de fase presente en una forma de onda de señal del voltaje rectificado Urect. El circuito 610 de detección de ángulo de fase de atenuador determina si el ángulo de fase detectado es un ángulo de fase máximo o mínimo con respecto al atenuador particular, y genera una señal de control de potencia basada en el ángulo de fase detectado, como se explicó anteriormente. El convertidor 620 de potencia controla el funcionamiento de la carga 640 de LED, que incluye los LED 641 y 642 representativos conectados en serie, en función del voltaje rectificado Urect (voltaje de entrada RMS) y la señal de control de potencia proporcionada por el circuito 610 de detección de ángulo de fase de atenuador. Esto permite que el circuito 610 de detección de ángulo de fase del atenuador ajuste selectivamente la potencia suministrada desde el convertidor 620 de potencia a la carga 640 de LED, de modo que el nivel de salida de luz por la carga 640 de LED sea sustancialmente uniforme para la misma configuración del atenuador (incluidas las configuraciones finales alta y final baja) entre una variedad de diferentes tipos de atenuadores. En diversas realizaciones, el convertidor 620 de potencia funciona en forma de bucle abierto o de corrección anticipante, como se describe en la Patente de Estados Unidos No. 7,256,554 de Lys.

En el ejemplo representado, el circuito 610 de detección de ángulo de fase del atenuador incluye un microcontrolador 615, que utiliza formas de onda de señal del voltaje rectificado Urect para determinar el ángulo de fase. El microcontrolador 615 incluye una entrada 618 digital conectada entre un primer diodo D611 y un segundo diodo D612. El primer diodo D611 tiene un ánodo conectado a la entrada 618 digital y un cátodo conectado a la fuente de voltaje Vcc, y el segundo diodo D612 tiene un ánodo conectado a tierra y un cátodo conectado a la entrada 618 digital. El microcontrolador 615 también incluye la salida 619 digital.

En diversos ejemplos, el microcontrolador 615 puede ser un procesador PIC12F683, disponible en Microchip Technology, Inc., y el convertidor de potencia 620 puede ser un L6562, disponible en ST Microelectronics, por ejemplo, aunque otros tipos de microcontroladores, convertidores de potencia u otros procesadores y/o controladores pueden incluirse sin apartarse del alcance de las presentes enseñanzas. Por ejemplo, la funcionalidad del microcontrolador 615 puede ser implementada por uno o más procesadores y/o controladores, conectados para recibir una entrada digital entre el primer y el segundo diodo D611 y D612 como se explicó anteriormente, y que se pueden programar usando un software o firmware (por ejemplo, almacenado en una memoria) para realizar las diversas funciones descritas en este documento, o puede implementarse como una combinación de hardware dedicado para realizar algunas funciones y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados y circuitos asociados) para realizar otras funciones. Los ejemplos de componentes de controlador que pueden emplearse en diversos ejemplos incluyen, pero no se limitan a, microprocesadores convencionales, microcontroladores, ASIC y FPGA, como se ha descrito anteriormente.

El circuito 610 de detección de ángulo de fase de atenuador incluye además varios componentes electrónicos pasivos, como los condensadores primero y segundo C613 y C614, y una resistencia indicada por los resistores primero y segundo representativos R611 y R612. El primer condensador C613 está conectado entre la entrada 618 digital del microcontrolador 615 y un nodo N1 de detección. El segundo condensador C614 está conectado entre el nodo N1 de detección y tierra. La primera y la segunda resistencia R611 y R612 están conectadas en serie entre el nodo N2 de voltaje rectificado y el nodo N1 de detección. En la realización representada el primer condensador C613 puede tener un valor de aproximadamente 560pF y el segundo condensador C614 puede tener un valor de aproximadamente 10pF, por ejemplo. Además, la primera resistencia R611 puede tener un valor de aproximadamente 1 megohm y la segunda resistencia R612 puede tener un valor de aproximadamente 1 megohm, por ejemplo. Sin embargo, los valores respectivos del primer y segundo condensadores C613 y C614, y los resistores primero y segundo R611 y R612 pueden variar para proporcionar beneficios únicos para cualquier situación particular o para cumplir con los requisitos de diseño específicos de la aplicación de diversas implementaciones, como sería evidente para una persona medianamente versada en la materia.

El voltaje rectificado Urect es CA acoplada a la entrada 618 digital del microcontrolador 615. La primera resistencia R611 y la segunda resistencia R612 limitan la corriente a la entrada 618 digital. Cuando una forma de onda de señal del voltaje rectificado Urect sube, el primer condensador C613 se carga en el borde ascendente a través de las resistencias primera y segunda R611 y R612. El primer diodo D611 sujeta la entrada 618 digital, un diodo cae por encima de la fuente de voltaje Vcc, por ejemplo, mientras el primer condensador C613 está cargado. El primer condensador C613 permanece cargado mientras la forma de onda de la señal no sea cero. En el borde descendente de la forma de onda de la señal del voltaje rectificado Urect, el primer condensador C613 se descarga a través del

segundo condensador C614, y la entrada 618 digital se sujeta a una caída de diodo por debajo de tierra mediante el segundo diodo D612. Cuando se utiliza un atenuador de borde trasero, el borde descendente de la forma de onda de la señal corresponde al comienzo de la parte cortada de la forma de onda. El primer condensador C613 permanece descargado mientras la forma de onda de la señal sea cero. Por consiguiente, el pulso digital de nivel lógico resultante en la entrada 618 digital sigue de cerca el movimiento del voltaje rectificado cortado Urect, cuyos ejemplos se muestran en las Figs. 7A-7C.

Más particularmente, las figs. 7A-7C muestran formas de onda de muestra y los pulsos digitales correspondientes en la entrada 618 digital, de acuerdo con realizaciones representativas. Las formas de onda superiores en cada figura representan el voltaje rectificado cortado Urect, donde la cantidad de corte refleja el nivel de atenuación. Por ejemplo, las formas de onda pueden representar una porción de un pico completo de 170V (o 340V para E.E. U.U.), onda sinusoidal rectificada que aparece en la salida del atenuador. Las formas de onda cuadradas inferiores representan los pulsos digitales correspondientes vistos en la entrada 618 digital del microcontrolador 615. Notablemente, la longitud de cada pulso digital corresponde a una forma de onda cortada, y por lo tanto es igual al tiempo de encendido del atenuador (por ejemplo, la cantidad de tiempo que el interruptor interno del atenuador está "encendido"). Al recibir los pulsos digitales a través de la entrada 618 digital, el microcontrolador 615 puede determinar el nivel al que se ha configurado el atenuador.

La fig. 7A muestra formas de onda de muestra de voltaje rectificado Urect y pulsos digitales correspondientes cuando el atenuador está en su configuración máxima o tiempo de encendido final alto, indicado por la posición superior del deslizador del deslizador del atenuador que se muestra al lado de las formas de onda. La fig. 7B muestra formas de onda de muestra de voltaje rectificado Urect y pulsos digitales correspondientes cuando el atenuador está en un ajuste medio, indicado por la posición media del deslizador del atenuador que se muestra al lado de las formas de onda. La fig. 7C muestra formas de onda de muestra de voltaje rectificado Urect y pulsos digitales correspondientes cuando el atenuador está en su configuración mínima o en el final bajo en el tiempo, indicado por la posición inferior del deslizador del atenuador que se muestra al lado de las formas de onda.

La fig. 8 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de detección del ángulo de fase de un atenuador, de acuerdo con una realización representativa. El proceso puede implementarse mediante firmware y/o software ejecutado por el microcontrolador 615 que se muestra en la FIG. 6, o más generalmente por un procesador o controlador, por ejemplo, el circuito 210 de detección de ángulo de fase de atenuación mostrado en la FIG. 2, por ejemplo.

En el bloque S821 de la fig. 8, se detecta un borde ascendente de un impulso digital de una señal de entrada (por ejemplo, indicado por bordes ascendentes de las formas de onda inferiores en las Figuras 7A-7C), por ejemplo, mediante la carga inicial del primer condensador C613. Muestreo en la entrada 618 digital del microcontrolador 615, por ejemplo, comienza en el bloque S822. En la realización representada, la señal se muestrea digitalmente durante un tiempo predeterminado igual a justo debajo de un semiciclo de red. Cada vez que se muestrea la señal, se determina en el bloque S823 si la muestra tiene un nivel alto (por ejemplo, "1" digital) o un nivel bajo (por ejemplo, "0" digital). En la realización representada, se realiza una comparación en el bloque S823 para determinar si la muestra es digital "1". Cuando la muestra es digital "1" (bloque S823: Sí), un contador se incrementa en el bloque S824, y cuando la muestra no es digital "1" (bloque S823: No), se inserta un pequeño retraso en el bloque S825. El retraso se inserta de manera que el número de ciclos de reloj (por ejemplo, del microcontrolador 615) sea igual independientemente de si se determina que la muestra es digital "1" o digital "0".

En el bloque S826, se determina si se ha muestreado todo el semiciclo de la red eléctrica. Cuando el semiciclo principal no está completo (bloque S826: No), el proceso vuelve al bloque S822 para muestrear nuevamente la señal en la entrada 618 digital. Cuando se completa el semiciclo de la red (bloque S826: Sí), el muestreo se detiene y el valor del contador acumulado en el bloque S824 se identifica como el ángulo de fase actual en el bloque S827, y el contador se restablece a cero. El valor del contador se puede almacenar en una memoria, cuyos ejemplos se explicaron anteriormente. El microcontrolador 615 puede esperar a que el siguiente borde ascendente comience a muestrear nuevamente.

Por ejemplo, se puede suponer que el microcontrolador 615 toma 255 muestras durante un semiciclo de la red. Cuando el ángulo de fase del atenuador se establece con el deslizador en la parte superior de su rango (por ejemplo, como se muestra en la FIG. 7A), el contador se incrementará a aproximadamente 255 en el bloque S824 de la FIG. 8. Cuando el ángulo de fase del atenuador se establece con el deslizador en la parte inferior de su rango (por ejemplo, como se muestra en la Fig. 7C), el contador se incrementará a solo aproximadamente 10 o 20 en el bloque S824. Cuando el ángulo de fase del atenuador se establece en algún lugar en el centro de su rango (por ejemplo, como se muestra en la Figura 7B), el contador aumentará a aproximadamente 128 en el bloque S824. El valor del contador le da así al microcontrolador 615 una indicación precisa del nivel al que se ajustó el atenuador o el ángulo de fase del atenuador. En diversas realizaciones, el ángulo de fase puede calcularse, por ejemplo, mediante el microcontrolador 615, utilizando una función predeterminada del valor del contador, donde la función puede variar para proporcionar beneficios únicos para cualquier situación particular o para cumplir con los requisitos de diseño específicos de la aplicación de diversas implementaciones, como sería evidente para un experto en la técnica.

En consecuencia, como se explicó anteriormente, los tiempos de encendido de final alto y bajo de un atenuador particular pueden detectarse electrónicamente, usando componentes pasivos mínimos y una estructura de entrada digital de un microcontrolador (u otro procesador o circuito de procesamiento), y los tiempos de encendido de final alto y final bajo pueden usarse para ajustar dinámicamente los niveles de salida de luz por una carga de iluminación de estado sólido, de modo que los niveles de luz sean sustancialmente uniformes (particularmente y la configuración de atenuador más alta y más baja) para múltiples tipos diferentes de atenuadores. En una realización, la detección del atenuador se realiza utilizando un circuito de acoplamiento de CA, una estructura de entrada digital sujeta con un diodo microcontrolador y un algoritmo (por ejemplo, implementado por firmware, software y/o hardware) ejecutado para la determinación binaria de la presencia del atenuador, como se discutió anteriormente con referencia a las figs. 6-8.

En otras palabras, de acuerdo con diversas realizaciones, los puntos finales altos y bajos de una función de rango de salida de luz se determinan sobre la marcha encontrando primero los ángulos de fase de atenuador de luz máximos y mínimos. Luego, se identifican los valores correspondientes de la señal de control de potencia, por ejemplo, se buscan en una tabla, se recuperan de una base de datos relacional o se calculan, utilizando los ángulos de fase de atenuador máxima y mínima, para configurar los niveles de luz finales altos y bajos deseados emitidos por la carga de iluminación de estado sólido, independiente del rango de atenuación real del atenuador. La función de rango de salida de luz puede ser una función suave y sustancialmente continua, por ejemplo, que proporciona valores de señal de control de potencia que aumentan incrementalmente correspondientes a los ángulos de fase del atenuador entre los puntos finales alto y bajo.

El circuito de detección del ángulo de fase del atenuador y el algoritmo asociado pueden usarse en diversas situaciones en las que se desea que diferentes atenuadores que tengan diferentes configuraciones de atenuador de final alto y bajo produzcan sustancialmente los mismos rangos de atenuación cuando se usan con los mismos productos de iluminación. En diversas realizaciones, el circuito de detección del ángulo de fase del atenuador y el algoritmo asociado también se pueden usar en situaciones en las que se desee además conocer el ángulo de fase exacto de un atenuador de corte de fase. Por ejemplo, los transformadores electrónicos que funcionan como una carga para un atenuador de corte de fase pueden usar este circuito y método para determinar el ángulo de fase del atenuador. Una vez que se conoce el ángulo de fase del atenuador, el rango de atenuación y compatibilidad con los atenuadores con respecto a los artefactos de iluminación de estado sólido (por ejemplo, LED) pueden ser mejorados. Los ejemplos de dichas mejoras incluyen controlar la temperatura de color de una lámpara con la configuración de atenuador, determinar la carga mínima que un atenuador puede manejar in situ, determinar cuándo un atenuador se comporta de forma errática in situ, alterar los rangos de salida de luz y crear una luz de atenuación personalizada en las curvas de posición del deslizador.

En general, las diversas formas de realización se pueden usar en situaciones en las que un balasto electrónico regulable está conectado a un atenuador, y es deseable tener los mismos niveles de salida de luz en las configuraciones del atenuador máxima y mínima, independientemente del tipo de atenuador que se utilice. En diversas realizaciones, la funcionalidad del circuito 210 de detección de ángulo de fase del atenuador y/o el microcontrolador 615, por ejemplo, puede implementarse mediante uno o más circuitos de procesamiento, contruidos con cualquier combinación de arquitecturas de hardware, firmware o software, y puede incluir su Memoria propia (por ejemplo, memoria no volátil) para almacenar código ejecutable de software/firmware ejecutable que le permite realizar las diversas funciones. Por ejemplo, la funcionalidad puede implementarse utilizando ASIC, FPGA y similares.

El método para hacer que el rango de salida de luz sea el mismo de un atenuador a otro puede usarse con cualquier convertidor de potencia atenuable con una carga de iluminación de estado sólido (por ejemplo, LED) donde se desea tener el mismo rendimiento óptimo en el rango de salida de luz, mientras se usa una variedad de atenuadores de corte de fase con diferentes configuraciones de atenuador mínimo y máximo. El circuito de detección del ángulo de fase del atenuador, según diversas realizaciones, puede implementarse en diversos productos Essentia IWhite™ y/o eW disponibles en Philips Color Kinetics, incluidos eW Blast PowerCore, eW Burst PowerCore, eW Cove MX PowerCore, eW PAR 38, y similares. Además, se puede usar como un componente básico de mejoras "inteligentes" en varios productos para hacerlos más amigables con el atenuador.

Si bien se han descrito e ilustrado múltiples realizaciones inventivas en el presente documento, los expertos en la técnica contemplarán fácilmente una variedad de otros medios y/o estructuras para realizar la función y/u obtener los resultados y/o una o más de las ventajas descritas en el presente documento, y cada una de dichas variaciones y/o modificaciones se considera dentro del alcance de las realizaciones de la invención descritas como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Se debe entender que todas las definiciones, tal como se definen y usan en este documento, controlan las definiciones del diccionario, las definiciones en los documentos incorporados por referencia y/o los significados ordinarios de los términos definidos.

La frase "y/o", como se usa en el presente documento en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, debe entenderse que significa "uno o ambos" de los elementos así unidos, es decir, elementos que están conjuntamente

- 5 presentes en algunos casos y disyuntivamente presentes en otros casos. Los múltiples elementos enumerados con “y/o” deben interpretarse de la misma manera, es decir, “uno o más” de los elementos así unidos. Opcionalmente, pueden estar presentes otros elementos distintos de los elementos específicamente identificados por la cláusula “y/o”, ya sea relacionados o no con los elementos específicamente identificados. Por lo tanto, como un ejemplo no limitativo, una referencia a “A y/o B”, cuando se usa junto con un lenguaje abierto como “que comprende” puede referirse, en una realización, a A solamente (opcionalmente incluye elementos distintos de B); en otra realización, solo a B (que incluye opcionalmente elementos distintos de A); en otra realización más, tanto para A como para B (incluyendo opcionalmente otros elementos); etc.
- 10 Como se usa en este documento en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, la frase “al menos uno”, en referencia a una lista de uno o más elementos, debe entenderse que significa al menos un elemento seleccionado de uno o más de los elementos en la lista de elementos, pero que no necesariamente incluyen al menos uno de cada elemento específicamente listado dentro de la lista de elementos y no excluye ninguna combinación de elementos en la lista de elementos. Esta definición también permite que los elementos puedan estar presentes, de manera opcional, distintos de los elementos específicamente identificados dentro de la lista de elementos a los que se refiere la frase “al menos uno”, ya sea relacionado o no relacionado con aquellos elementos específicamente identificados. Por lo tanto, como ejemplo no limitativo, “al menos uno de A y B” (o, equivalentemente, “al menos uno de A o B”, o, equivalentemente “al menos uno de A y/o B”) puede referirse, en una realización, a al menos uno, que incluye opcionalmente más de uno, A, sin B presente (y que incluye opcionalmente elementos distintos de B); en otra realización, a al menos uno, que incluye opcionalmente más de uno, B, sin A presente (y que incluye opcionalmente elementos distintos de A); en otra realización más, a al menos uno, que incluye opcionalmente más de uno, A, y al menos uno, que incluye opcionalmente a más de uno, B (y que incluye opcionalmente otros elementos); etc.
- 25 También debe entenderse que, a menos que se indique claramente lo contrario, en cualquier método reivindicado en el presente documento que incluya más de un paso o acto, el orden de los pasos o actos del método no se limita necesariamente al orden en que se citan los pasos o actos del método. Además, cualquier número de referencia u otros caracteres, que aparecen entre paréntesis en las reivindicaciones, se proporcionan simplemente por conveniencia y no tienen la intención de limitar las reivindicaciones de ninguna manera.
- 30 En las reivindicaciones, así como en la memoria descriptiva anterior, todas las frases de transición tales como “que comprende”, “que incluye”, “que lleva”, “que tiene”, “que contiene”, “que involucra”, “que sostiene”, “compuesto de” y similares deben entenderse como abiertos, es decir, significan que incluyen, pero no se limitan. Solo las frases de transición “que consisten en” y “que consiste esencialmente en” serán frases de transición cerradas o semicerradas, respectivamente.
- 35

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para controlar un convertidor de potencia para proporcionar un rango de atenuación uniforme a una carga de iluminación de estado sólido independiente de un tipo de atenuador, el método que comprende:

5 determinar los ángulos de fase máximos y mínimos de un atenuador (204) conectado al convertidor (220) de potencia durante el funcionamiento de la carga (240) de iluminación de estado sólido; y  
 10 ajustar una potencia de salida de final alto del convertidor (220) de potencia correspondiente a un nivel de salida de luz de final alto por la carga de iluminación de estado sólido en el ángulo de fase máximo para coincidir con un valor final alto predeterminado de salida de luz y ajustar una potencia de salida de final bajo del convertidor (220) de salida correspondiente a un nivel final bajo de salida de luz por la carga de iluminación de estado sólido en el ángulo de fase mínimo para coincidir con un valor final bajo predeterminado de salida de luz, y  
 15 determinar el valor de una señal de control de potencia para ajustar una potencia de salida intermedia del convertidor de potencia basada en un ángulo de fase detectado del atenuador (204) y una función de rango de salida de luz determinada a partir de dichos ángulos de fase máximos y mínimos determinados del atenuador (204), la señal de control de potencia comprende una señal de modulación de ancho de pulso (PWM) y el valor de la señal de control de potencia que comprende un ciclo de trabajo porcentual.

20 2. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de determinación los ángulos de fase de atenuador máximo y mínimo comprende:

25 detectar una pluralidad de ángulos de fase de atenuador basados en voltajes de red de entrada rectificada; comparar los ángulos de fase detectados con un ángulo de fase mínimo determinado previamente y un ángulo de fase máximo determinado previamente;  
 30 establecer un ángulo de fase detectado como el ángulo de fase mínimo cuando el ángulo de fase detectado es menor que el ángulo de fase mínimo previamente determinado; y establecer un ángulo de fase detectado como el ángulo de fase máximo cuando el ángulo de fase detectado es mayor que el ángulo de fase máximo determinado previamente.

3. Un método para proporcionar un rango de atenuación uniforme de una carga de iluminación de estado sólido para una pluralidad de diferentes tipos de atenuadores, el método comprende el método de la reivindicación 1 para controlar un convertidor de potencia conectado a una carga de iluminación de estado sólido.

35 4. El método de la reivindicación 3, que comprende, además:  
 establecer el valor de la señal de control de potencia aplicando el ángulo de fase detectado a la función de rango de salida de luz.

40 5. El método de la reivindicación 3, en el que la función de rango de salida de luz comprende una función que define una curva entre un valor de tiempo de activación de extremo inferior correspondiente al ángulo de fase mínimo y un valor de tiempo de activación de extremo superior correspondiente al ángulo de fase máximo.

6. El método de la reivindicación 5, en el que la función de rango de salida de luz comprende una función lineal.

45 7. El método de la reivindicación 3, en el que establecer inicialmente el ángulo de fase mínimo comprende:

50 determinar un ángulo de fase mínimo correspondiente a cada uno de la pluralidad de diferentes tipos de atenuadores;  
 calcular un ángulo de fase mínimo promedio basado en el ángulo de fase mínimo determinado correspondiente a la pluralidad de diferentes tipos de atenuadores; y  
 establecer el ángulo de fase mínimo inicial al ángulo de fase mínimo promedio calculado.

8. El método de la reivindicación 3, en el que establecer inicialmente el ángulo de fase máximo comprende:

55 determinar un ángulo de fase máximo correspondiente a cada uno de la pluralidad de diferentes tipos de atenuadores;  
 calcular un ángulo de fase máximo promedio basado en el ángulo de fase máximo determinado correspondiente a la pluralidad de diferentes tipos de atenuadores; y  
 60 establecer el ángulo de fase máximo inicial al ángulo de fase máximo promedio calculado.

9. El método de la reivindicación 2, que comprende, además:

65 construir una primera tabla de consulta que asocie una pluralidad de primeros ángulos de fase de atenuador con una pluralidad de valores de señales de control de potencia que causan, respectivamente, que la carga de iluminación de estado sólido emita el nivel de luz mínimo predeterminado en los correspondientes ángulos de fase de atenuador; y

5 construir una segunda tabla de consulta que asocie una pluralidad de segundos ángulos de fase de atenuador con una pluralidad de valores de señales de control de potencia que causan, respectivamente, que la carga de iluminación de estado sólido emita el nivel de luz máximo predeterminado en los correspondientes ángulos de fase de atenuación.

10. El método de la reivindicación 9, en el que determinar la función de rango de salida de luz comprende:

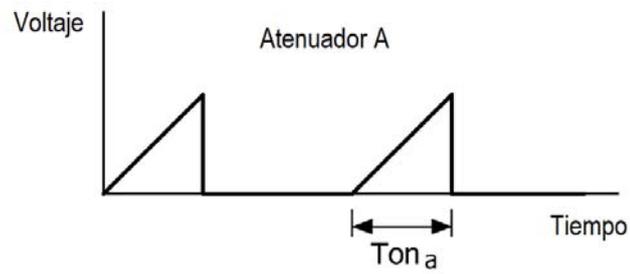
10 asociar el ángulo de fase mínimo con un primer ángulo de fase de atenuador seleccionado de la pluralidad de primeros ángulos de fase de atenuador en la primera tabla de consulta;  
recuperar un primer valor seleccionado de la señal de control de potencia correspondiente al primer ángulo de fase de atenuador seleccionado de la primera tabla de consulta; e  
15 identificar un punto final bajo de la función de rango de salida de luz como un punto correspondiente al primer ángulo de fase de atenuador seleccionado y al primer valor seleccionado de la señal de control de potencia.

11. El método de la reivindicación 10, en el que determinar la función de rango de salida de luz comprende, además:

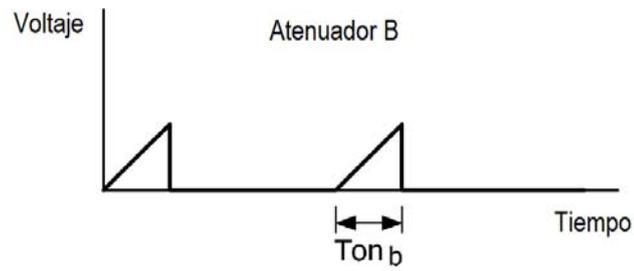
20 asociar el ángulo de fase máximo con un segundo ángulo de fase de atenuador seleccionado de la pluralidad de ángulos de fase de atenuador en la segunda en la segunda tabla de consulta;  
recuperar un segundo valor seleccionado de la señal de control de potencia correspondiente al segundo ángulo de fase de atenuador seleccionado de la primera tabla de consulta; e  
25 identificar un punto final alto de la función de rango de salida de luz como un punto correspondiente al segundo ángulo de fase de atenuador seleccionado y al segundo valor seleccionado de la señal de control de potencia.

12. El método de la reivindicación 1, en el que la detección del ángulo de fase comprende:

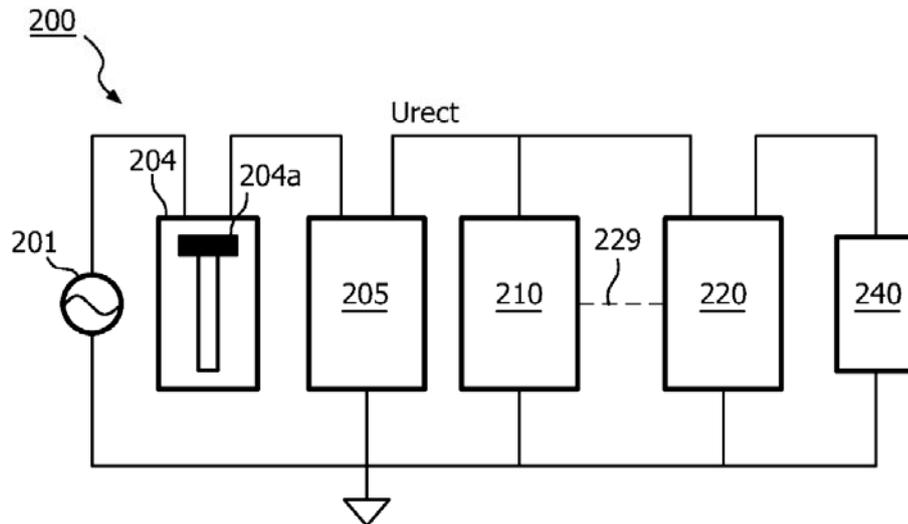
30 muestrear pulsos digitales correspondientes a formas de onda de señal de un voltaje de red de entrada rectificadas; y  
determinar las longitudes de los pulsos digitales muestreados, las longitudes correspondientes a un nivel de regulación del atenuador.



**FIG. 1A**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG. 1B**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG. 2**

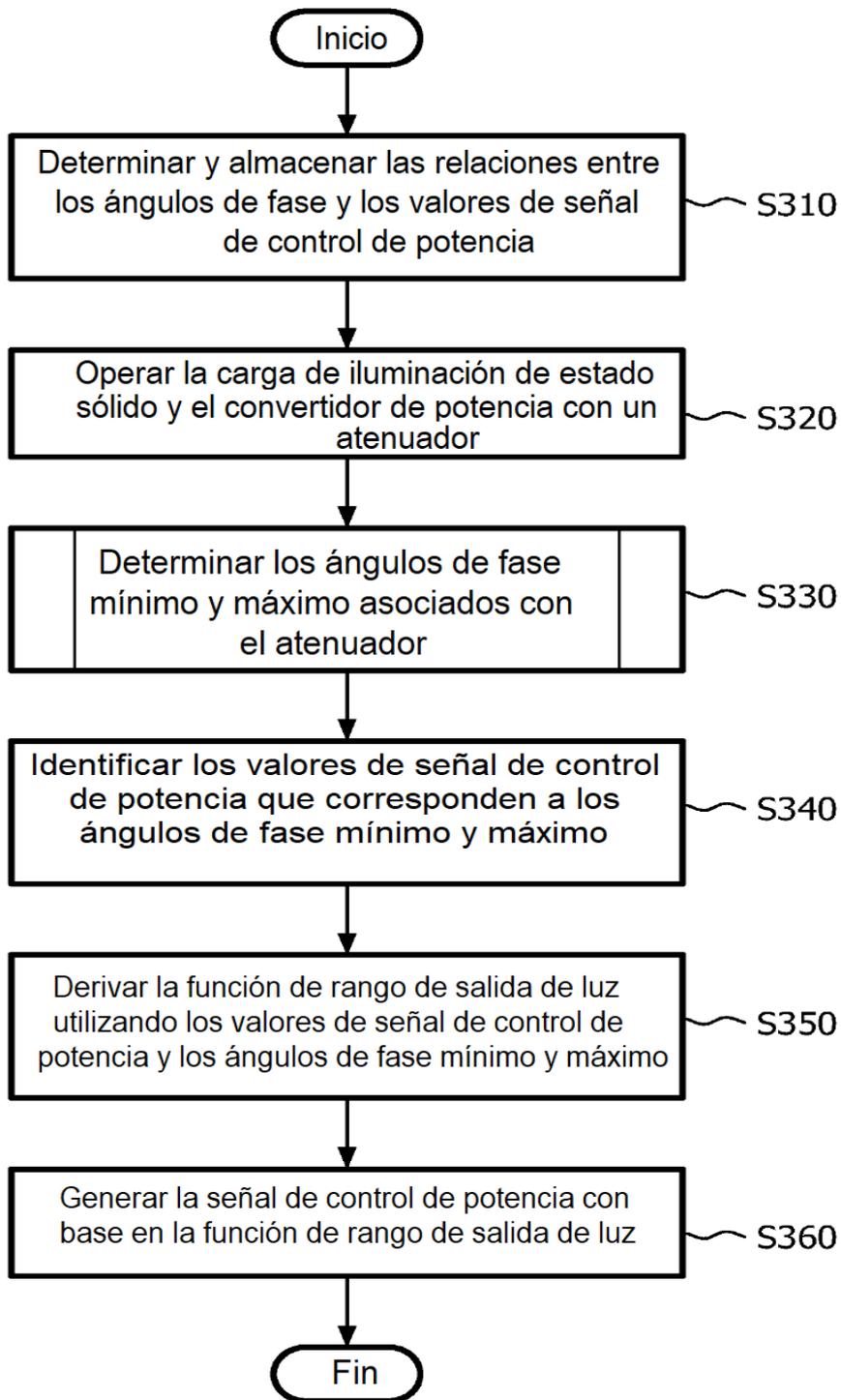


FIG. 3

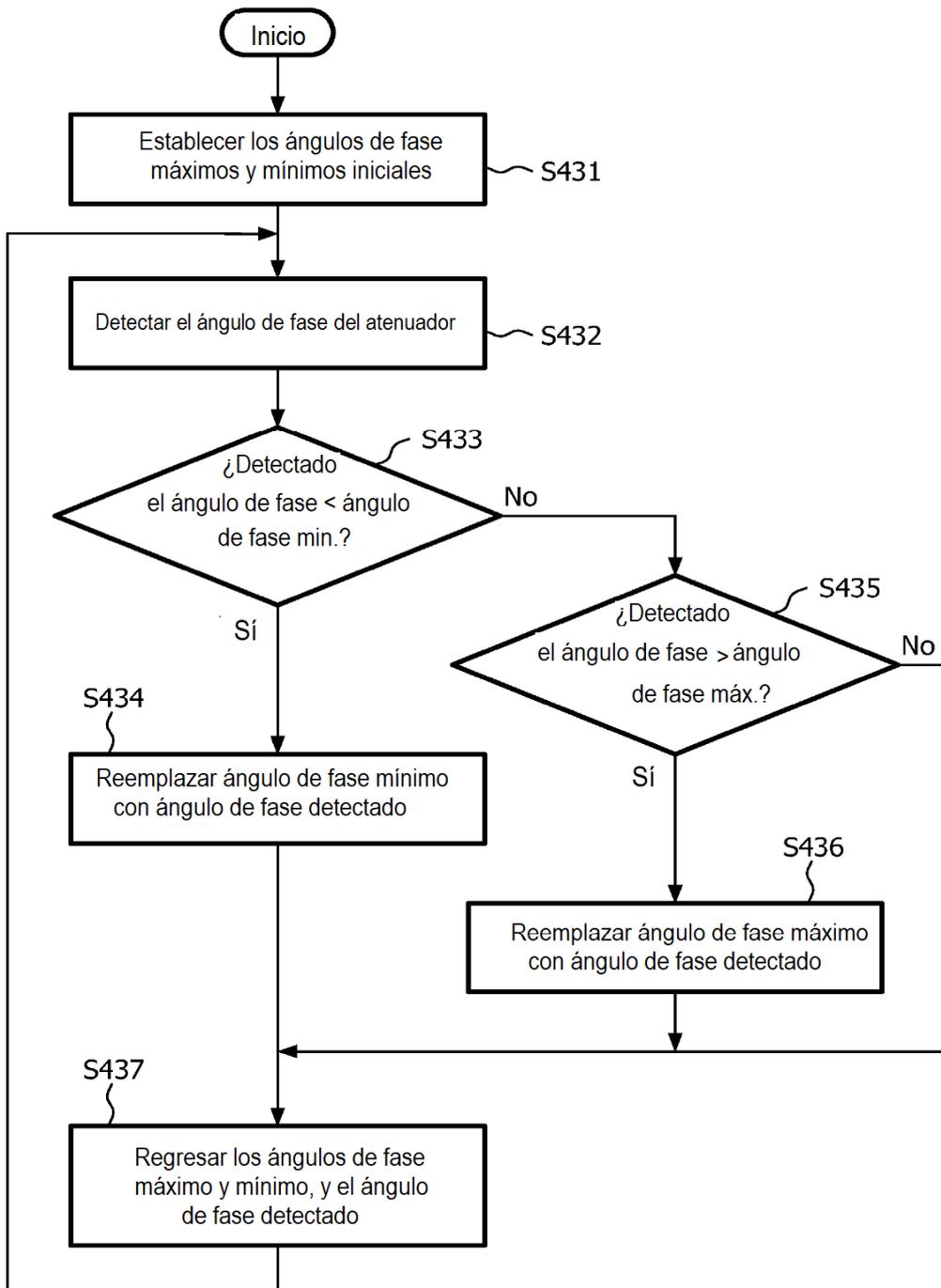


FIG. 4

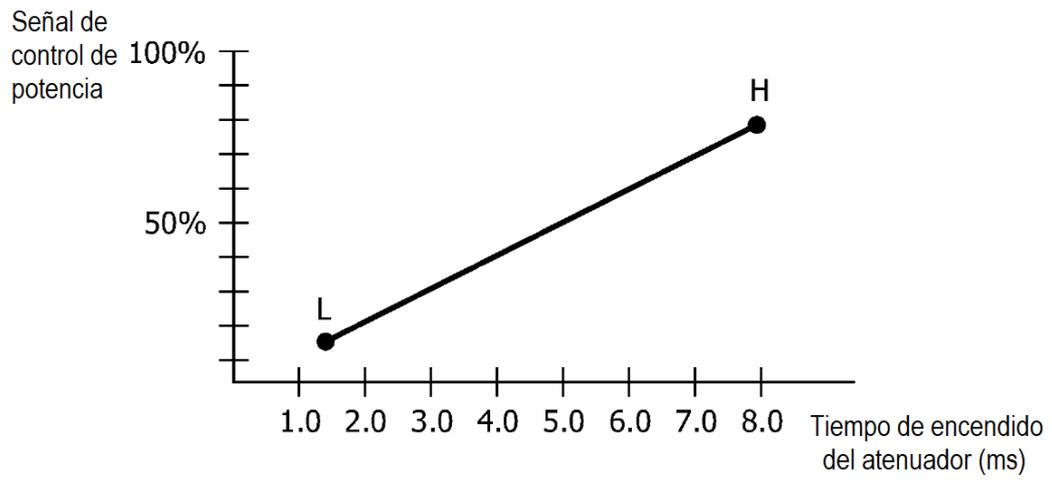


FIG. 5A

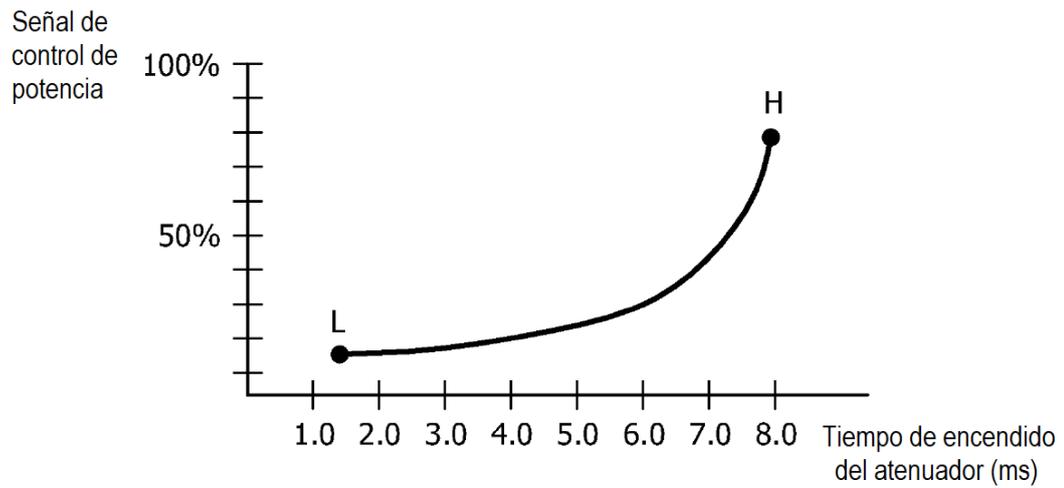


FIG. 5B

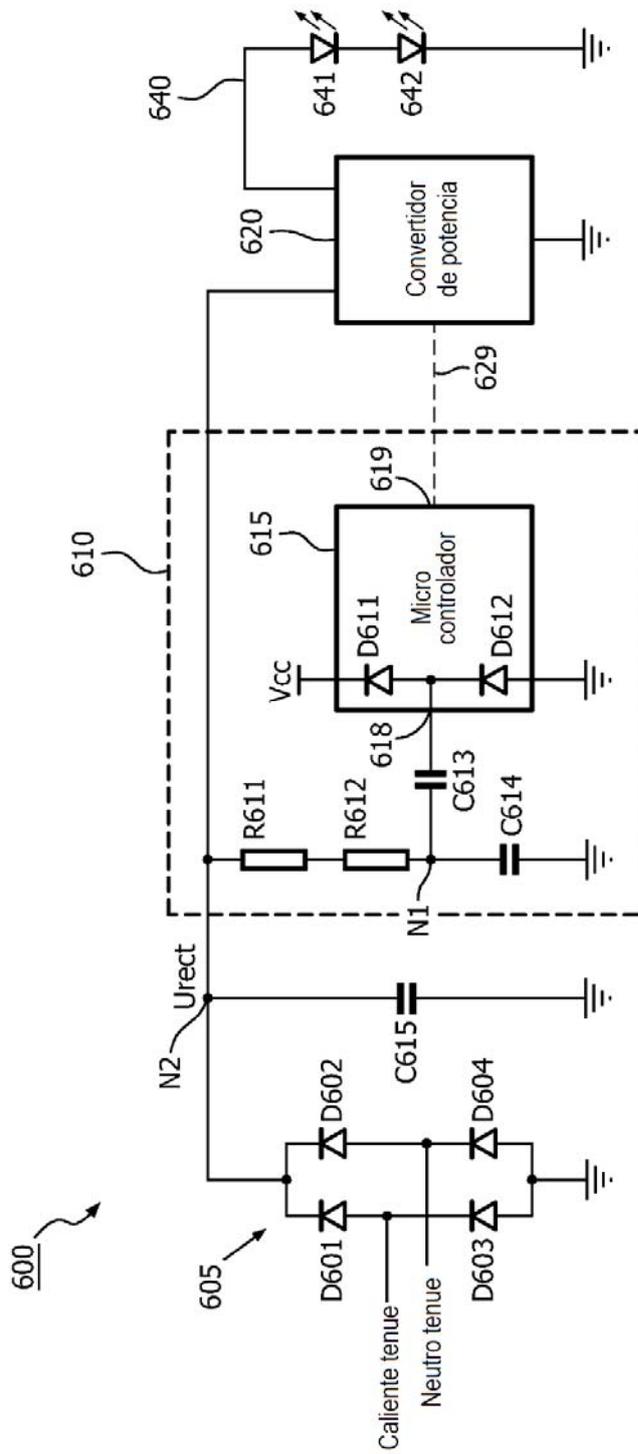


FIG. 6

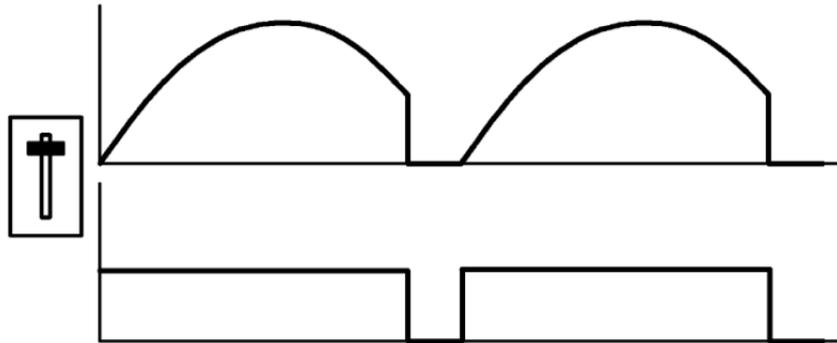


FIG. 7A

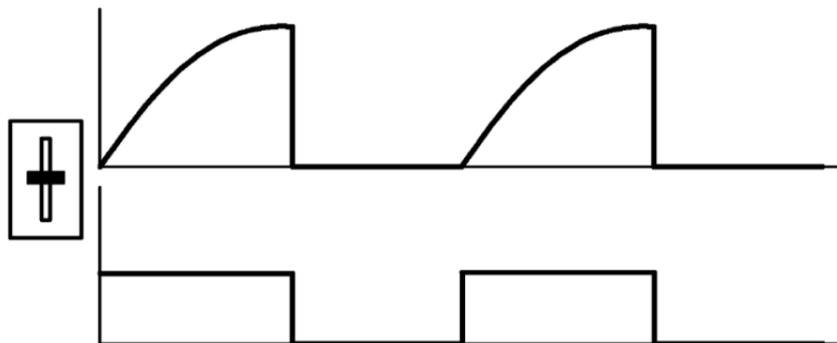


FIG. 7B

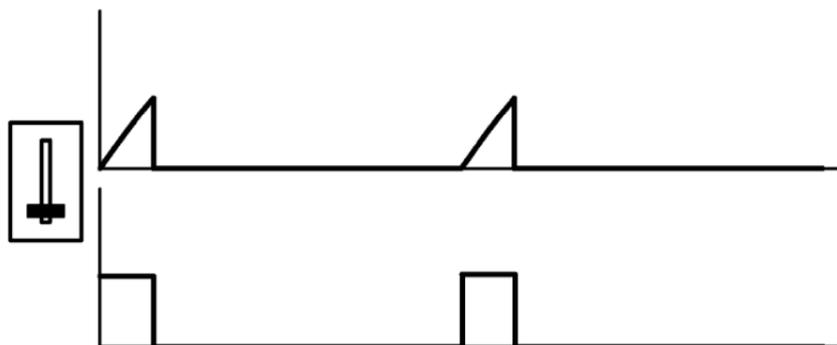


FIG. 7C

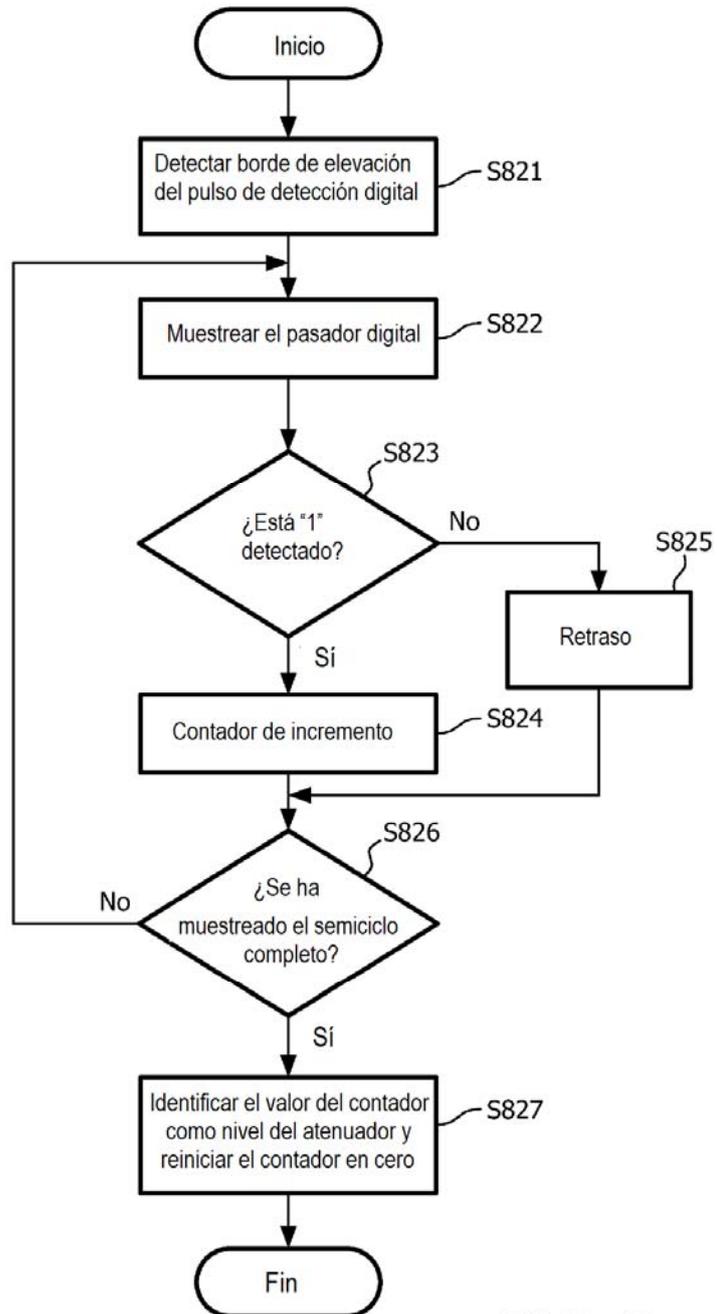


FIG. 8