

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 325 730**

⑫ Número de solicitud: 200900479

⑤① Int. Cl.:
H02J 3/18 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

④② Fecha de presentación: **20.02.2009**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **14.09.2009**

④③ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
14.09.2009

⑦① Solicitante/s: **Universidad Politécnica de Madrid
c/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid, ES**

⑦② Inventor/es: **Ramírez Prieto, Dionisio;
Blázquez García, Francisco;
Platero Gaona, Carlos y
Carrero López, Carmelo**

⑦④ Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

⑤④ Título: **Sistema de regulación continua de alumbrado.**

⑤⑦ Resumen:

Sistema de regulación continua de alumbrado.
Dispositivo de alto rendimiento para control continuo de iluminación, adecuado para regular diversos tipos de lámparas. Se basa en la utilización de un inversor con modulación PWM que genera una tensión que se inserta en serie con la línea manteniendo el factor de potencia visto desde la red en la unidad. Tiene funcionalidades adicionales como servir de balasto y realizar la ignición de la lámpara.

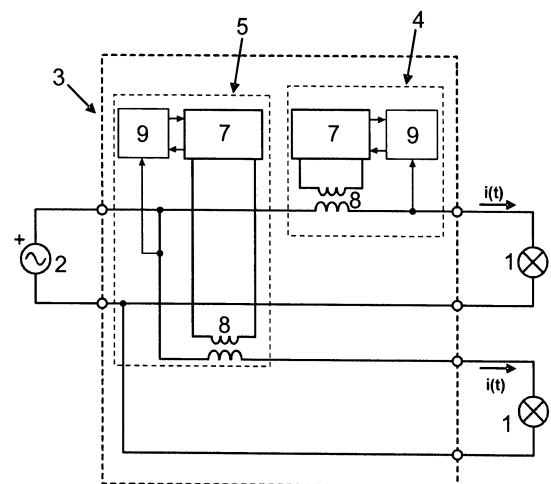


FIG. 10

ES 2 325 730 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de regulación continua de alumbrado.

5 Sector técnico

La presente invención se engloba en el sector de la regulación de la iluminación con alto rendimiento, y más particularmente aplicable a la regulación del alumbrado público.

10 Antecedentes de la invención

Actualmente el consumo debido al alumbrado público supone un porcentaje muy elevado respecto del total de energía eléctrica en los municipios, lo que ha llevado a la búsqueda de nuevos sistemas que permitan un empleo más eficiente de los sistemas de iluminación. Una opción muy empleada consiste en reducir el nivel de iluminación del alumbrado público a partir de una determinada hora.

Por tanto, los reguladores de iluminación para alumbrado público deben presentar un elevado rendimiento para que sus propias pérdidas no anulen el ahorro energético que se busca al reducir el nivel de iluminación del alumbrado. Para ello deben darse varias condiciones, entre las cuales se encuentran:

a) Resulta deseable que el regulador permita regulación continua, no sólo a saltos discretos, para optimizar la utilización de la energía.

b) El sistema de regulación debe presentar un elevado rendimiento y para ello debe reducir las pérdidas propias. Por tanto debe emplear el menor número posible de etapas de conversión y las tensiones y corrientes empleadas deben ser de valores lo más bajos posible.

Por otro lado, los convertidores electrónicos c.c./c.a. controlados por microprocesador (también llamados inversores) con modulación de ancho de pulso (PWM) presentan una gran facilidad para sintetizar la forma de onda senoidal controlando de forma continua su amplitud, frecuencia y fase. Sin embargo actualmente no se emplean en regulación de iluminación para alumbrado ya que implican rectificar la tensión de la red (etapa c.a./c.c.) para, a continuación, generar la tensión alterna controlada ya con el inversor (etapa c.c./c.a.), Figura 1. Cuando se emplea esta disposición toda la potencia de la carga pasa a través del inversor lo que lo encarece y reduce su rendimiento debido a las grandes pérdidas que origina.

Debido a ello se considera que el rendimiento es bajo debido se considera que las pérdidas originadas al emplear dos etapas de conversión de potencia reducen mucho el rendimiento ya que ambos convertidores deben manejar toda la potencia que se envía a las lámparas y esto hace que presenten apreciables pérdidas por conmutación y por conducción. Además los rectificadores son una importante fuente de distorsión para la red debido a la forma de onda de la corriente que absorben lo que hace necesario conectar filtros.

En su lugar actualmente se emplean transformadores con tomas (regulación discreta) que mediante interruptores mecánicos o interruptores electrónicos, Figura 2, regula la tensión obtenida en el secundario del transformador. Cada toma se selecciona con relés mecánicos ó interruptores electrónicos. Su principal inconveniente radica en que tanto el transformador como los interruptores manejan la potencia total de la lámpara, lo que origina fuertes pérdidas y reduce el rendimiento.

En la Figura 3 se muestra un sistema con dos transformadores. Uno de ellos, en serie con la línea extrae potencia activa insertando una tensión en fase con la corriente. Otro transformador devuelve a la red esa misma potencia ya que en aplicaciones de iluminación no tiene sentido almacenarla o disiparla. Por la propia naturaleza de los transformadores la tensión insertada formará 180° respecto de la línea de forma que la tensión en la lámpara se reduce cuanto mayor sea el nivel de tensión introducido en serie con la línea. La ventaja de esta disposición es que la potencia activa manejada por los transformadores es sólo una fracción de la potencia de la lámpara siempre que no se llegue al apagado de la misma. Sin embargo, su principal problema es que utiliza dos transformadores, lo que reduce relativamente el rendimiento y resulta un equipo pesado, caro y de grandes dimensiones. Además el tipo de regulación es discontinuo, contando únicamente con número discreto de tensiones de salida posibles.

También se emplean “balastos electrónicos”, Figura 4, pero su rendimiento no es muy elevado porque emplean dos etapas de conversión de energía (ca/cc y cc/ca). Además necesitan complejos sistemas de filtrado pasivo de la corriente que absorben de la línea para no distorsionar la red.

Sin embargo, la presente invención realiza una regulación continua (no discreta) utilizando un inversor con modulación PWM en el que, para optimizar el rendimiento, se utiliza un nivel de tensión de salida reducido, no se maneja la potencia total de la lámpara y ni siquiera se controla potencia activa sino que la regulación se efectúa controlando potencia reactiva. Además el factor de potencia del conjunto regulador-lámpara visto desde la red es de la unidad. Este regulador puede realizar adicionalmente la función de sustituir total o parcialmente el balasto que acompaña a las lámparas y de realizar la ignición inicial de las lámparas de descarga.

Por otro lado el documento de patente WO96/24186 describe un regulador serie para líneas de transmisión de alta tensión que utiliza un rectificador controlado y un inversor para generar una tensión que se inserta, en serie con la línea mediante un transformador. Este sistema es capaz de absorber o ceder potencia reactiva pero emplea un convertidor electrónico y un transformador más que el sistema de la invención. Además, al realizar la regulación con un único inversor, el factor de potencia visto desde la red no es la unidad y es variable con el nivel de tensión generado. Por otro lado, el condensador se carga desde el transformador en paralelo y el rectificador, mientras que en la invención se realiza a través del transformador en serie y una resistencia.

En la patente se menciona la compensación del efecto inductivo de una línea de transmisión mediante la inserción de una tensión en serie a -90° con la corriente para generar un efecto capacitivo para aumentar la capacidad de transmisión de la línea. Sin embargo no menciona que este valor de la tensión se reajuste en función de la corriente para obtener la emulación de una impedancia a un valor constante en Ohmios y poder obtener así el efecto de autorregulación necesario en el caso de las lámparas. Tampoco busca que el factor de potencia visto desde la red sea la unidad ya que sólo compensa la reactancia de las líneas y no de la carga.

La patente US5329222 describe un restaurador de tensión para líneas de transmisión de alta tensión diseñado para compensación de huecos de tensión. Este sistema se ha patentado para proporcionar exclusivamente potencia activa a la línea al contrario que el sistema de la invención, que utiliza exclusivamente potencia reactiva. Además no puede utilizarse en control de iluminación porque para reducir el nivel de iluminación tendría que absorber potencia activa lo que no es posible en régimen permanente porque que no tiene mecanismos de disipación o de devolución de la potencia captada hacia la red.

La patente US6144191 describe un regulador de tensión que emplea un inversor con modulación PWM y un transformador conectado en serie con la carga. También utiliza un rectificador y, opcionalmente, un sistema de almacenamiento de energía, sistemas que no son necesarios en el sistema de la invención ya que éste no intercambia con las lámparas potencia activa. Además, si se emplea para generar potencia reactiva, el factor de potencia visto desde la red no es la unidad y es variable. En el caso en el que realice la regulación absorbiendo potencia activa se mantendría el factor de potencia en la unidad pero necesitaría un segundo convertidor para devolver esta potencia a la red, lo que reduce el rendimiento y lo encarece respecto del sistema de la invención. Por otro lado, el condensador se carga desde el rectificador o el sistema de almacenamiento, mientras que en la invención se realiza a través del transformador en serie y una resistencia.

En ninguno de estos documentos de patente estudiadas se tiene en cuenta el mantener el factor de potencia visto desde la red en la unidad y sin embargo esta es una característica muy importante en las aplicaciones de iluminación.

Por otro lado, el proceso de encendido de algunos tipos de lámpara de descarga necesita aplicar transitoriamente a la misma una tensión varias veces superior a su valor nominal (pico de 400-600V para lámparas de 230V nominales) para lograr la ignición de la misma. Normalmente se recurre a autotransformadores elevadores o circuitos mixtos de reactancia y arrancador electrónico.

Por otro lado, las lámparas de descarga utilizan reactancias en serie, llamados balastos, para limitar la corriente por las mismas una vez ionizado el gas así como para generar un efecto de autorregulación de la corriente. La autorregulación hace necesario que si la intensidad crece por cualquier causa debida a la lámpara, aparezca una mayor tensión en la inductancia que haga disminuir la tensión en la lámpara y por tanto su corriente. Por tanto, para reproducir este comportamiento propio del balasto no basta con generar en el bobinado en serie una tensión a $\pm 90^\circ$ con la corriente de línea sino que su amplitud debe ser reajustada de acuerdo a la corriente. De esta forma se mantiene un valor constante equivalente en ohmios.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un sistema de regulación continua de alumbrado de acuerdo con la reivindicación 1. Realizaciones preferidas del sistema se definen en las reivindicaciones dependientes.

El alumbrado a regular comprende una pluralidad de lámparas conectadas a la red eléctrica. El sistema de regulación comprende:

- un regulador inductivo configurado para ser conectado en serie con una lámpara del alumbrado y para generar una tensión en serie de módulo UX regulable y con ángulo de fase respecto de la corriente que atraviesa dicha lámpara de sustancialmente $+90^\circ$;

- un regulador capacitivo configurado para ser conectado en serie con una lámpara, diferente de la anterior, del alumbrado y para generar una tensión en serie de módulo U_r, regulable y sustancialmente idéntico al módulo de la tensión generada por el regulador inductivo, y con ángulo de fase respecto de la corriente que atraviesa dicha lámpara de sustancialmente -90° .

ES 2 325 730 A1

El regulador inductivo y el regulador capacitivo comprenden preferentemente, cada uno de ellos:

- un inversor que comprende transistores de potencia controlados con modulación de ancho de pulso, configurado para ser conectado en serie con la correspondiente lámpara a través de un transformador;
- un sistema de control configurado para medir la corriente $i(t)$ que atraviesa la correspondiente lámpara y, en función de ella y el nivel de iluminación establecido, generar las señales PWM de control S_{CONTROL} para aplicar a los transistores de potencia del inversor;
- al menos un condensador en el bus de c.c. del inversor.

El regulador inductivo y el regulador capacitivo pueden comprender además, cada uno de ellos, una inductancia de filtrado situada entre el inversor y el transformador.

En una realización preferida el sistema de control comprende un bloque de control que dispone de:

- medios de sincronización configurados para, a partir de la corriente $i(t)$ medida, generar periódicamente una señal V_{gen} con un ángulo de fase respecto de dicha corriente $i(t)$ de $+90^\circ$, en caso de que el regulador sea inductivo, o de -90° , en caso de que el regulador sea capacitivo;
- medios de medición de tensión configurados para obtener periódicamente una medida de la tensión U_{cc} del bus de c.c. del inversor, tensión $U_{\text{cc med}}$;
- un regulador proporcional-integral encargado de reajustar, en función de la tensión $U_{\text{cc med}}$ y un valor de referencia de la tensión U_{cc} ($U_{\text{cc REF}}$), el ángulo de la señal generada φ_{gen} para mantener constante la tensión U_{cc} del bus de c.c. del inversor, y obtener así un ángulo reajustado φ_{aj} ;
- medios de cálculo del seno configurados para calcular la función seno del ángulo φ_{aj} , y obtener así una señal S_{seno} ;
- un bloque multiplicador configurado para multiplicar la señal S_{seno} por una tensión de consigna del nivel de iluminación V_{REF} , y obtener así una señal moduladora $S_{\text{MODULADORA}}$.

El sistema de control puede además comprender un generador de señales PWM configurado para generar, a partir de la señal moduladora $S_{\text{MODULADORA}}$, las señales PWM de control S_{CONTROL} para aplicar a los transistores de potencia del inversor.

El sistema de control puede comprender también:

- medios de medición de la corriente configurados para calcular periódicamente el valor eficaz I_{ef} de la corriente $i(t)$ que atraviesa la correspondiente lámpara;
- medios de comparación configurados para comparar dicho valor eficaz I_{ef} con la intensidad de consigna del nivel de iluminación I_{REF} y obtener la señal diferencia;
- un regulador proporcional-integral configurado para generar, a partir de dicha señal diferencia, la tensión de consigna del nivel de iluminación V_{REF} .

En una realización particular el regulador inductivo y el regulador capacitivo comprenden, cada uno de ellos, un sistema de carga del al menos un condensador del inversor.

El sistema de carga comprende preferentemente un primer contacto configurado para:

- conectar, durante la carga, la lámpara al neutro de la red;
- desconectar la lámpara al neutro de la red una vez finalizada la carga.

El sistema de carga puede comprender también un segundo contacto configurado para:

- conectar, durante la carga, una resistencia de carga al bobinado del transformador en el lado del inversor;
- desconectar, una vez finalizada la carga, la resistencia de carga al bobinado del transformador en el lado del inversor.

ES 2 325 730 A1

El sistema de carga puede comprender un tercer contacto configurado para:

- desconectar, durante la carga, la inductancia de filtrado;

- conectar, una vez finalizada la carga, la inductancia de filtrado al bobinado del transformador en el lado del inversor.

El bobinado del transformador en el lado del inversor puede disponer de una toma media; en ese caso el sistema de carga puede comprender un conmutador configurado para:

- conectar, durante la carga, el inversor al bobinado completo del transformador en el lado del inversor;

- conectar, una vez finalizada la carga, el inversor a la mitad del bobinado del transformador en el lado del inversor.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

En la Figura 1 se muestra, de acuerdo al estado del arte, un sistema clásico de utilización de un inversor con modulación PWM.

En la Figura 2 aparece, de acuerdo al estado del arte, un sistema de iluminación que emplea un transformador con tomas para obtener diferentes niveles de iluminación.

La Figura 3 muestra, de acuerdo con el estado del arte, un sistema en el que se emplea un transformador con tomas para seleccionar diferentes niveles de tensión que se insertan en serie con la línea.

La Figura 4 muestra un control electrónico de iluminación, de acuerdo al estado del arte, que utiliza un inversor monofásico alimentado por un rectificador.

La Figura 5 muestra el principio utilizado en el regulador de la invención consistente en insertar en serie con la línea una tensión U_x a $\pm 90^\circ$ con la corriente.

En la Figura 6 se muestra el diagrama fasorial correspondiente al circuito de la Figura 5.

La Figura 7 muestra el regulador de la presente invención, constituido por dos ramas, una con un regulador de carácter capacitivo y otra de carácter inductivo que se compensan para presentar un factor de potencia unitario a la red.

En las Figuras 8A y 8B aparecen los diagramas fasoriales de las dos ramas que constituyen el regulador de la invención.

En la Figura 9 se muestra el inversor utilizado para cada rama del regulador de la invención.

En la Figura 10 aparece representado el regulador de la invención con las dos ramas de caracteres complementarios: inductivo y capacitivo.

La Figura 11 presenta el algoritmo de control del inversor de cada una de las ramas del regulador de la invención.

La Figura 12 presenta un sistema de carga inicial del condensador del inversor de cada rama en los casos en los que la lámpara de descarga apagada imposibilita la circulación inicial de corriente por la línea.

En la Figura 13 se ha representado un sistema de carga inicial del condensador del inversor de cada rama de la invención para el caso en que sea necesario aplicar una sobretensión inicial a la lámpara para provocar la ignición de la misma.

La Figura 14 muestra un diagrama adicional del sistema de control cuando se utiliza el regulador de la invención como balasto para la autorregulación de la intensidad de la lámpara.

Descripción de una realización preferida

La invención consiste en un regulador de iluminación para todo tipo de lámparas que se basa en conectar una fuente de tensión situada entre la lámpara 1 y la red eléctrica 2, según se muestra en la Figura 5. Mediante esta fuente

ES 2 325 730 A1

de tensión se introduce en serie con la línea una tensión U_x con ángulo de fase respecto de la corriente I de 90° y se logra modificar el valor de tensión en la carga sin realizar consumo de potencia activa.

Regulando la amplitud de la tensión introducida en serie y manteniendo simultáneamente el ángulo de fase en 90° respecto de la corriente se consigue variar el nivel de tensión en la lámpara, según se muestra en la Figura 6.

El ángulo de fase de tensión introducida en serie con la línea puede tomarse en $+90^\circ$ ó en -90° . En el primer caso la fuente serie se comportará con un carácter inductivo simulando el efecto de una inductancia y en el segundo lo hará con carácter capacitivo simulando un condensador en serie.

Al mantener el ángulo de fase en $+90^\circ$ ó en -90° no se produce consumo de potencia activa en la fuente y, por tanto, no es necesario disiparla ni disponer de un convertidor que la devuelva a la red. Esto redundará en beneficios económicos y de simplicidad técnica.

Sin embargo, si se emplea un único regulador se da la circunstancia de que, visto desde la red, el factor de potencia del conjunto es bajo debido al carácter reactivo del propio regulador. Esta circunstancia es inaceptable para el caso de reguladores de iluminación.

Con el fin de mantener el factor de potencia visto desde la red en la unidad, el sistema de regulación 3 de la presente invención combina dos reguladores en paralelo, un regulador inductivo 4 y un regulador capacitivo 5 representado en la Figura 7, de forma que uno de ellos realiza la regulación de la lámpara 1 de su rama absorbiendo reactiva (carácter inductivo) y el otro cediendo reactiva (carácter capacitivo), según se muestra en los diagramas fasoriales de las dos ramas representados en la Figura 8A, para el carácter inductivo, y Figura 8B, para el carácter capacitivo. En conjunto deben compensarse y el factor de potencia global resulta de valor unidad de forma que el sistema de regulación 3 lo constituye el conjunto de dos reguladores (4, 5) de rama de caracteres complementarios (carácter inductivo y carácter capacitivo). Por tanto, cada sistema de regulación 3 controla dos ramas y en cada una de ellas se conecta una lámpara 1, según se muestra en la Figura 7.

La invención emplea como fuente de tensión para cada rama un inversor 7 independiente con modulación de ancho de pulso (PWM), comprendiendo transistores de potencia 21 y diodos en antiparalelo 24, conectado en serie con la línea mediante un transformador serie 8, según se representa en la Figura 9. En la Figura 10 se muestra el conjunto de las dos ramas de caracteres complementarios (carácter inductivo y carácter capacitivo) que forman el sistema de regulación 3 de la invención.

El regulador de la invención utiliza un sistema de control 9 (normalmente un microprocesador o un microcontrolador) para cada rama, mostrado en la Figura 11, en el que se mide la corriente $i(t)$ en la línea para obtener el sincronismo con ella. La corriente $i(t)$ es la corriente que atraviesa cada lámpara. Para medir $i(t)$ se inserta en serie con la línea un sensor de corriente de efecto Hall que proporciona una señal de tensión reducida proporcional a la corriente en la lámpara; el micro lo convierte mediante un conversor analógico/digital y el resultado lo utiliza en los cálculos dentro del programa.

El ángulo obtenido a partir de unos medios de sincronización 13 se fija en $+90^\circ$ o -90° dependiendo de la rama, obteniendo un ángulo de fase de $+90^\circ$ ó -90° respecto de la fase de la corriente de línea $i(t)$, φ_{gen} . Para lograrlo el microcontrolador está en todo momento muestreando con un convertidor A/D la corriente en la lámpara por lo que conoce la fase de la misma. Cuando la corriente cruce por cero, se lanza un contador hardware del micro en el que, cuando la "CUENTA" = 0 equivale a -90° y cuando llega a "CUENTA" = PERIODO, equivale a $+270^\circ$. El contador se reinicia por software en cada cruce por cero inicial de la corriente. El valor de CUENTA del micro, convertido a radianes, es el que se utiliza como ángulo en la Figura 11.

El valor del ángulo φ_{gen} se reajusta con un regulador proporcional-integral 12, obteniendo un ángulo reajustado φ_{aj} , para lograr que la tensión U_{cc} en el bus de c.c. del inversor 7 permanezca constante (comparando, previamente al regulador proporcional-integral 12, la tensión $U_{cc,med}$, la medida de la tensión U_{cc} efectuada por unos medios de medición de tensión 14, con un valor de consigna o de referencia de la tensión U_{cc} , $U_{cc,REF}$, valor prefijado en el microprocesador) permitiendo que el inversor 7 absorba una pequeña parte de potencia activa para compensar las pérdidas que tienden a descargar el condensador/es 11 del bus de c.c. del inversor 7. Para lograr mantener U_{cc} constante el algoritmo hace que si se reduce U_{cc} cambie ligeramente el ángulo de fase de la tensión generada U_x (ya no será exactamente $+90^\circ$ o -90°) con lo que el inversor absorbe potencia activa de la red (de la línea) hasta que recarga el condensador. Lo contrario ocurre cuando U_{cc} aumenta, ya que se cede potencia a la red.

El resultado del ángulo φ_{aj} , ángulo de fase de la tensión corregido para mantener U_{cc} constante, se emplea para calcular, a través de medios de cálculo del seno 17, con él la señal S_{seno} que, multiplicada a través del bloque multiplicador 18 por la consigna o referencia del valor de pico de la tensión de salida deseada, tensión de consigna del nivel de iluminación V_{REF} , constituye la señal moduladora $S_{MODULADORA}$ (función senoidal moduladora de la tensión) que es la salida del bloque de control 19. V_{REF} es la referencia que da el usuario para fijar un determinado nivel de iluminación, pudiendo ser una señal externa analógica (p.ej. mediante un potenciómetro), un valor digital que le envía otro microprocesador, etc. Habitualmente se envía inalámbricamente por GSM desde un centro de control a todos los reguladores de una zona (en forma de valor numérico digital). Cuando el usuario fija el valor de V_{ref} , el sistema PWM genera una U_x proporcional, no estando realimentado. El usuario debe conocer el rango de valores de V_{ref} y por tanto

de U_x que puede utilizar. Por tanto, el nivel de referencia de iluminación puede ser una entrada física analógica o por el contrario puede ser un valor digital que se le envía al regulador por algún tipo de puerto de comunicación.

La señal moduladora $S_{MODULADORA}$ finalmente se compara en un comparador 20 con la señal portadora $S_{PORTADORA}$, señal triangular de alta frecuencia generada por el generador de señales PWM 22 del sistema de control 9, hardware normalmente ya incorporado en los microcontroladores. El resultado de estas comparaciones proporciona las señales PWM de control $S_{CONTROL}$ que se aplican a los transistores de potencia 21 con los que se constituye el inversor 7.

En los momentos iniciales el condensador 11 del bus de c.c. de cada inversor 7 está descargado. Como no existe un rectificador para cargarlos, la invención utiliza un procedimiento diferente para la carga inicial del condensador 11 de cada inversor 7.

En el caso de las lámparas de descarga hasta que no se ha producido la ignición de la lámpara 1 no existe corriente en la línea y por tanto no hay tensión en el transformador serie 8 que permita cargarlo.

La invención realiza la carga del condensador 11, según se muestra en la Figura 12, añadiendo un primer contacto K1 que conecta inicialmente el terminal 8' del transformador 8 conectado a la carga, al neutro de la red aplicando así la tensión fase- neutro de la red 2 al bobinado serie 8'. De esta forma se produce automáticamente una primera carga del condensador 11 a través del bobinado 8' del transformador conectado al inversor 7, los diodos en antiparalelo 24 con los transistores IGBT 21 y de la inductancia de filtrado 10 situada entre el inversor 7 y el transformador 8. Un segundo contacto K2 puede emplearse simultáneamente para conectar una resistencia serie de carga 25 durante la carga de los condensadores 11 que limite la corriente mientras que un tercer contacto K3 desconecta el filtro 10 durante la carga. La Figura 12 muestra la posición de los diferentes contactos K1, K2 y K3 en el momento de la carga (primer contacto K1 y segundo contacto K2 cerrados, tercer contacto K3 abierto). Una vez finalizada la carga se invierte el orden de los tres contactos, empezando a funcionar el sistema de regulación 3.

En la invención, el sistema de regulación 3 genera en cada rama, si es necesario, una tensión senoidal en fase con la de red de forma que se suman alcanzando el valor suficiente como para producir la ignición.

La invención emplea, tal y como se muestra en la Figura 13, en el lado del transformador 8 al que se conecta el inversor 7, un bobinado 8'' con toma media de forma que, para la carga inicial, se emplea un número de espiras distinto al de régimen normal de funcionamiento. Así la relación de transformación es diferente durante la carga del condensador que en el momento de la ignición de la lámpara.

Durante la carga del condensador, empleando un mayor número de espiras se alcanza una mayor tensión en el bus de continua del inversor. Una vez cargado, reduciendo el número de espiras, es posible generar una mayor tensión alterna en el bobinado serie 8' que la empleada para el proceso de carga gracias a la nueva relación de transformación.

La selección del número de espiras en el bobinado del lado del convertidor o inversor 7 se realiza a través de un conmutador 27 que se acciona simultáneamente al primer contacto K1 de conexión del bobinado entre fase y neutro, al segundo contacto K2 de conexión de la resistencia de carga del condensador y al tercer contacto K3 de desconexión de la inductancia de filtrado 10 durante la carga. En la Figura 13 se muestra la posición de los contactos K1, K2 y K3 y del conmutador 27 durante la carga; una vez efectuada la carga se invierte la posición de los contactos K1, K2, K3 y del conmutador K4, de esta forma una vez finalizada la carga el inversor es capaz de generar una tensión más elevada, necesaria para la ignición.

Por otro lado, la invención utiliza el regulador serie para eliminar el balasto de forma simultánea a su función de control de iluminación y para ello debe reproducir las condiciones ya mencionadas de limitación de corriente y autorregulación. Para efectuar esta función el control, ver Figura 14, el sistema de control 9 mide la corriente de línea $i(t)$ a través de medios de medición de corriente (29), calcula su valor eficaz I_{ef} en cada ciclo y lo compara (a través de los medios de comparación 30) con la corriente de consigna I_{REF} , intensidad de consigna del nivel de iluminación. El error se aplica a un regulador proporcional-integral 28 que generará el de tensión de consigna del nivel de iluminación V_{REF} para el bloque PWM. A diferencia del caso general, si se desea emular el comportamiento de un balasto, el control del nivel de iluminación se realiza estableciendo la I_{ref} , ya sea por medios analógicos ó como un valor digital dentro del programa. El algoritmo actúa entonces regulando continuamente el valor de V_{ref} para mantener I_{ref} en el valor de consigna.

El sistema de la invención permite limitar la corriente en la lámpara reproduciendo indistintamente un balasto capacitivo o inductivo en serie con la línea.

La realización preferida consta de un inversor monofásico, construido con transistores IGBT 21, por cada rama y controlado cada uno de ellos por un algoritmo implementado en un procesador digital de señales (DSP). El DSP debe contar con dos entradas analógicas, una para medir la corriente $i(t)$ en la lámpara y otra para medir la tensión en el bus de c.c. del inversor, así como de un bloque de generación de señales PWM. El transformador conectado en serie debe elegirse preferentemente de forma que, con los niveles de tensión que va a trabajar, no alcance la zona de saturación para no deformar la onda que genera el inversor y no introducir distorsión en la red.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de regulación continua de alumbrado, comprendiendo dicho alumbrado una pluralidad de lámparas (1) conectadas a la red eléctrica (2), **caracterizado** porque el sistema (3) comprende:

- un regulador inductivo (4) configurado para ser conectado en serie con una lámpara (1) del alumbrado y para generar una tensión en serie de módulo U_x regulable y con ángulo de fase respecto de la corriente que atraviesa dicha lámpara (1) de sustancialmente $+90^\circ$;

- un regulador capacitivo (5) configurado para ser conectado en serie con una lámpara (1), diferente de la anterior, del alumbrado y para generar una tensión en serie de módulo U_x regulable y sustancialmente idéntico al módulo de la tensión generada por el regulador inductivo (4), y con ángulo de fase respecto de la corriente que atraviesa dicha lámpara (1) de sustancialmente -90° .

2. Sistema de regulación continua de alumbrado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el regulador inductivo (4) y el regulador capacitivo (5) comprenden, cada uno de ellos:

- un inversor (7) que comprende transistores de potencia (21) controlados con modulación de ancho de pulso, configurado para ser conectado en serie con la correspondiente lámpara (1) a través de un transformador (8);

- un sistema de control (9) configurado para medir la corriente $i(t)$ que atraviesa la correspondiente lámpara (1) y, en función de ella y el nivel de iluminación establecido, generar las señales PWM de control S_{CONTROL} para aplicar a los transistores de potencia (21) del inversor (7);

- al menos un condensador (11) en el bus de c.c. del inversor (7).

3. Sistema de regulación continua de alumbrado según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el regulador inductivo (4) y el regulador capacitivo (5) comprenden, cada uno de ellos, una inductancia de filtrado (10) situada entre el inversor (7) y el transformador (8).

4. Sistema de regulación continua de alumbrado según cualquiera de las reivindicaciones 2-3, **caracterizado** porque el sistema de control (9) comprende un bloque de control (19) que dispone de:

- medios de sincronización (13) configurados para, a partir de la corriente $i(t)$ medida, generar periódicamente una señal V_{gen} con un ángulo de fase respecto de dicha corriente $i(t)$ de $+90^\circ$, en caso de que el regulador sea inductivo (4), o de -90° , en caso de que el regulador sea capacitivo (5);

- medios de medición de tensión (14) configurados para obtener periódicamente una medida de la tensión U_{cc} del bus de c.c. del inversor (7), tensión $U_{\text{cc med}}$;

- un regulador proporcional-integral (12) encargado de reajustar, en función de la tensión $U_{\text{cc med}}$ y un valor de referencia de la tensión U_{cc} ($U_{\text{cc REF}}$), el ángulo de la señal generada φ_{gen} para mantener constante la tensión U_{cc} del bus de c.c. del inversor (7), y obtener así un ángulo reajustado φ_{aj} ;

- medios de cálculo del seno (17) configurados para calcular la función seno del ángulo φ_{aj} , y obtener así una señal S_{seno} ;

- un bloque multiplicador (18) configurado para multiplicar la señal S_{seno} por una tensión de consigna del nivel de iluminación V_{REF} , y obtener así una señal moduladora $S_{\text{MODULADORA}}$.

5. Sistema de regulación continua de alumbrado según la reivindicación 4, **caracterizado** porque el sistema de control (9) comprende un generador de señales PWM (22) configurado para generar, a partir de la señal moduladora $S_{\text{MODULADORA}}$, las señales PWM de control S_{CONTROL} para aplicar a los transistores de potencia (21) del inversor (7).

6. Sistema de regulación continua de alumbrado según cualquiera de las reivindicaciones 4-5, **caracterizado** porque el sistema de control (9) comprende:

- medios de medición de la corriente (29) configurados para calcular periódicamente el valor eficaz I_{ef} de la corriente $i(t)$ que atraviesa la correspondiente lámpara (1);

- medios de comparación (30) configurados para comparar dicho valor eficaz I_{ef} con la intensidad de consigna del nivel de iluminación I_{REF} y obtener la señal diferencia;

- un regulador proporcional-integral (28) configurado para generar, a partir de dicha señal diferencia, la tensión de consigna del nivel de iluminación V_{REF} .

ES 2 325 730 A1

7. Sistema de regulación continua de alumbrado según cualquiera de las reivindicaciones 2-6, **caracterizado** porque el regulador inductivo (4) y el regulador capacitivo (5) comprenden, cada uno de ellos, un sistema de carga del al menos un condensador (11) del inversor (7).

5 8. Sistema de regulación continua de alumbrado según la reivindicación 7, **caracterizado** porque el sistema de carga comprende un primer contacto (K1) configurado para:

- conectar, durante la carga, la lámpara (1) al neutro de la red;

10 - desconectar la lámpara (1) al neutro de la red una vez finalizada la carga.

9. Sistema de regulación continua de alumbrado según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el sistema de carga comprende un segundo contacto (K2) configurado para:

15 - conectar, durante la carga, una resistencia de carga (25) al bobinado (8'') del transformador en el lado del inversor (7);

- desconectar, una vez finalizada la carga, la resistencia de carga (25) al bobinado (8'') del transformador en el lado del inversor (7).

20 10. Sistema de regulación continua de alumbrado según la reivindicación 9 cuando depende de la 3, **caracterizado** porque el sistema de carga comprende un tercer contacto (K3) configurado para:

- desconectar, durante la carga, la inductancia de filtrado (10);

25 - conectar, una vez finalizada la carga, la inductancia de filtrado (10) al bobinado (8'') del transformador en el lado del inversor.

30 11. Sistema de regulación continua de alumbrado según cualquiera de las reivindicaciones 7-10, **caracterizado** porque el bobinado (8'') del transformador en el lado del inversor (7) dispone de una toma media; y porque el sistema de carga comprende un conmutador (27) configurado para:

- conectar, durante la carga, el inversor (7) al bobinado completo del transformador en el lado del inversor (7);

35 - conectar, una vez finalizada la carga, el inversor (7) a la mitad del bobinado (8'') del transformador en el lado del inversor (7).

40

45

50

55

60

65

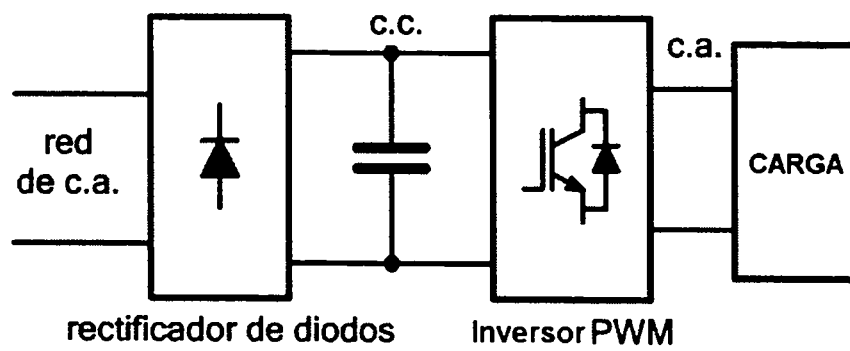
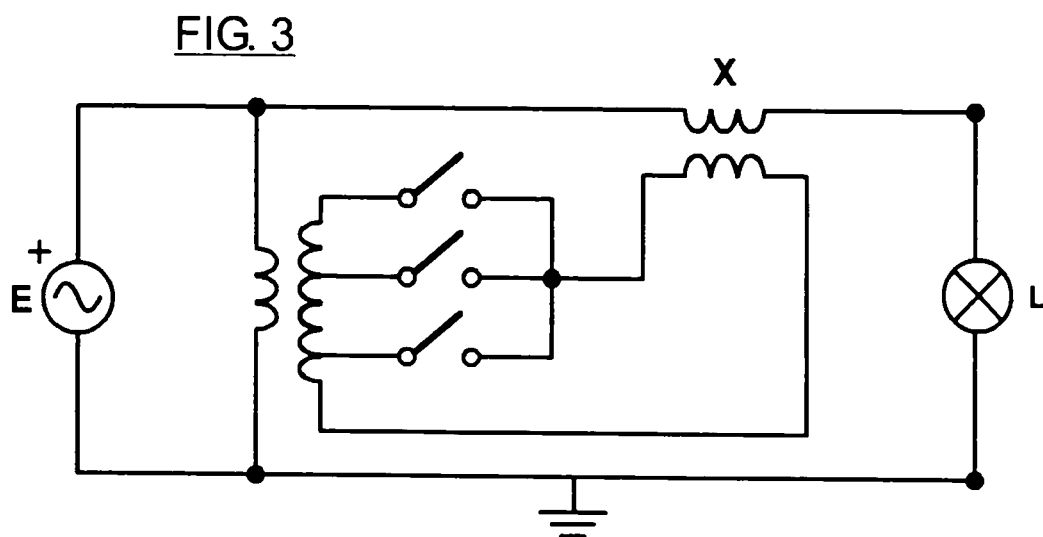
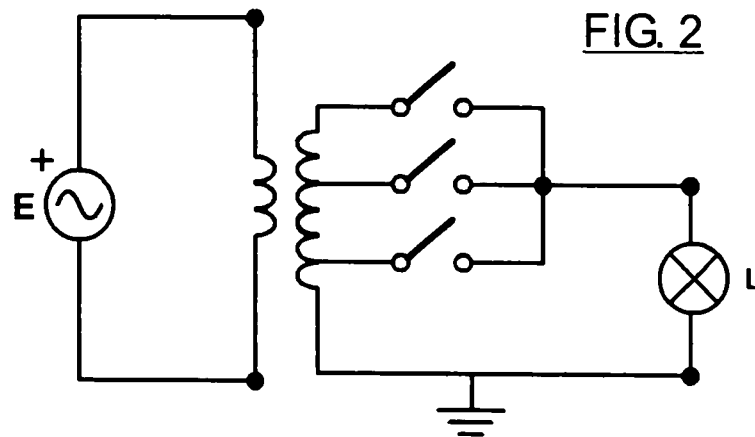
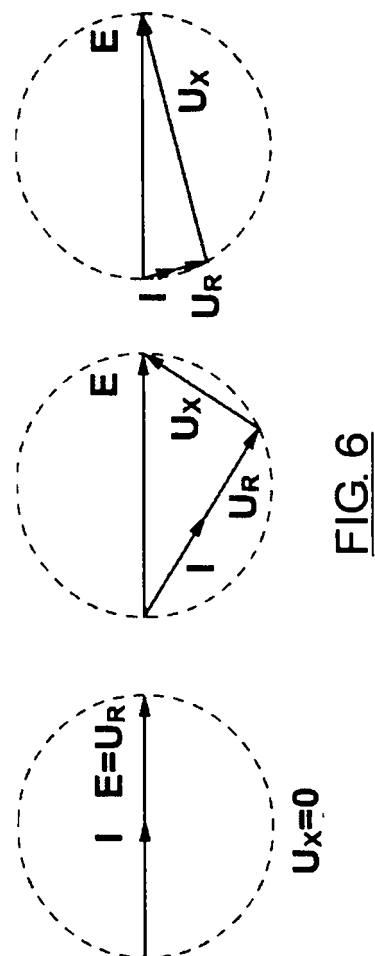
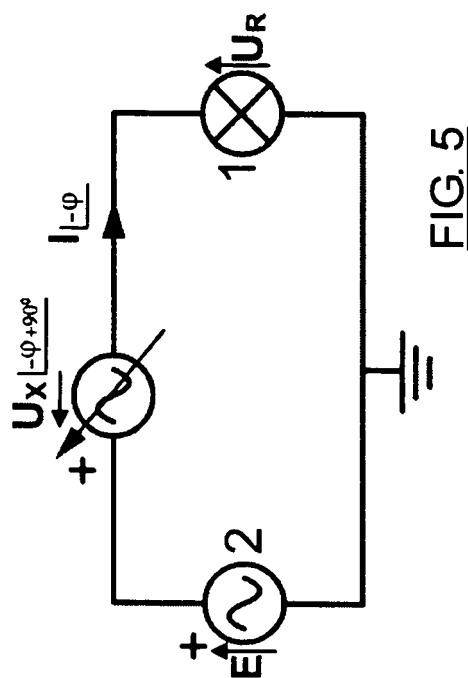
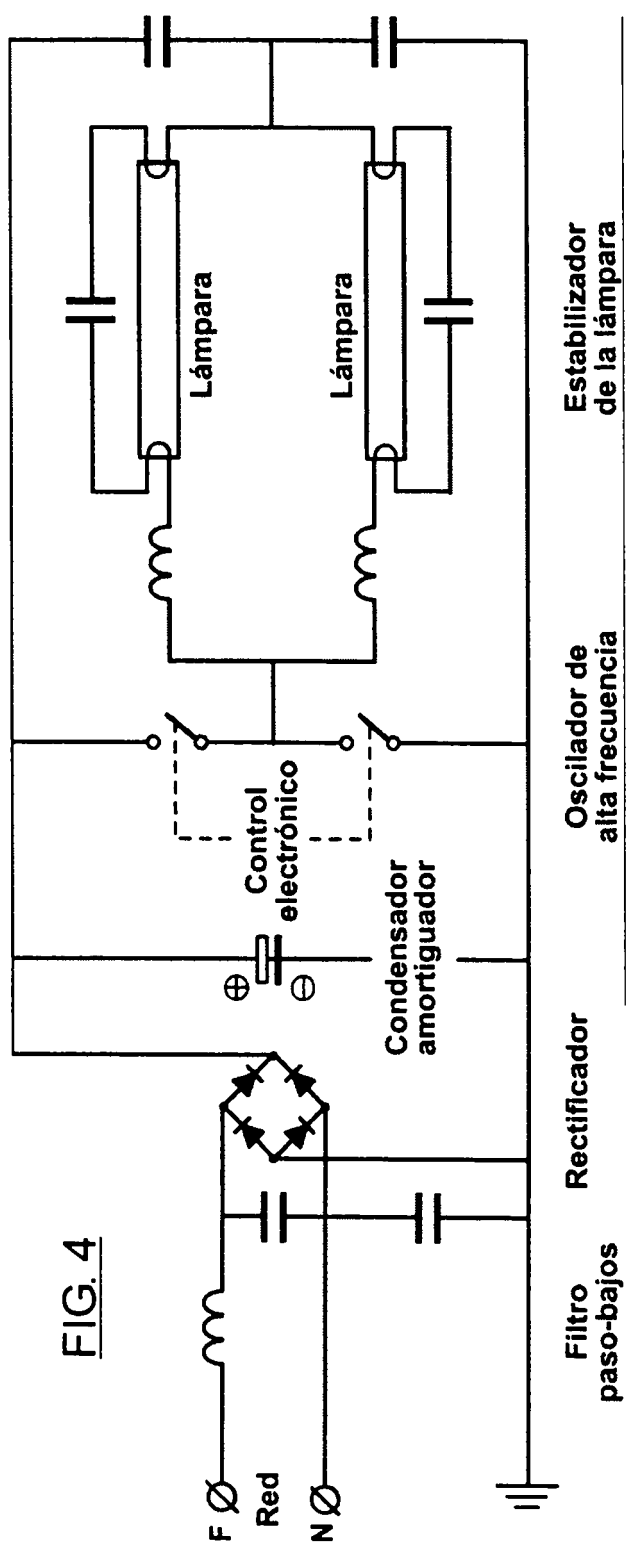


FIG. 1





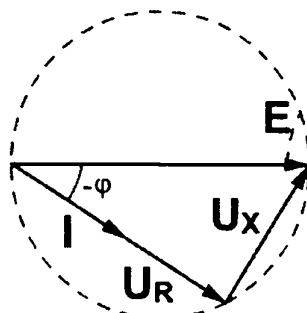
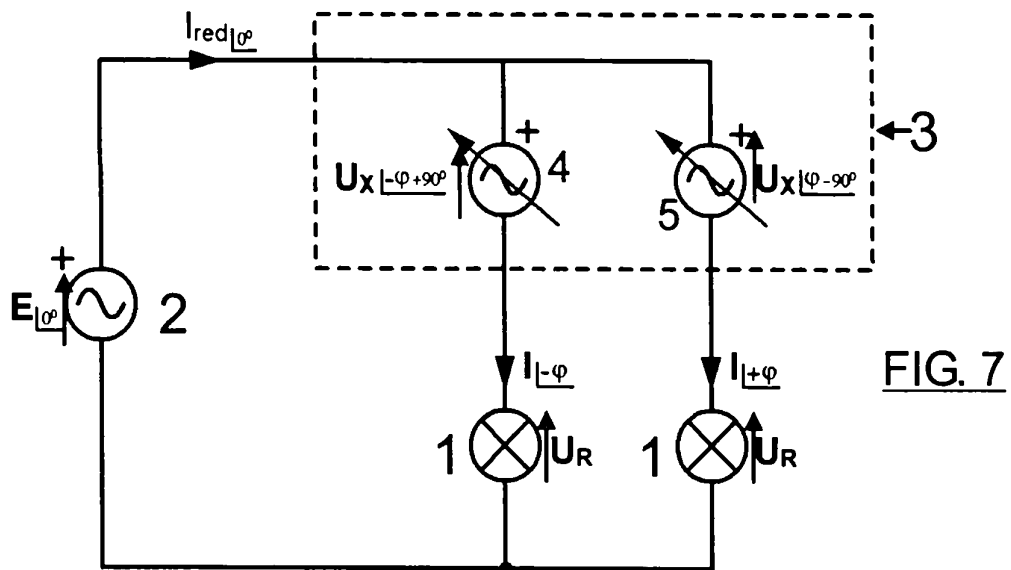


FIG. 8A

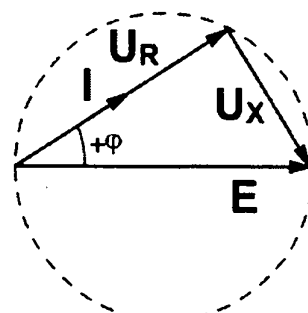


FIG. 8B

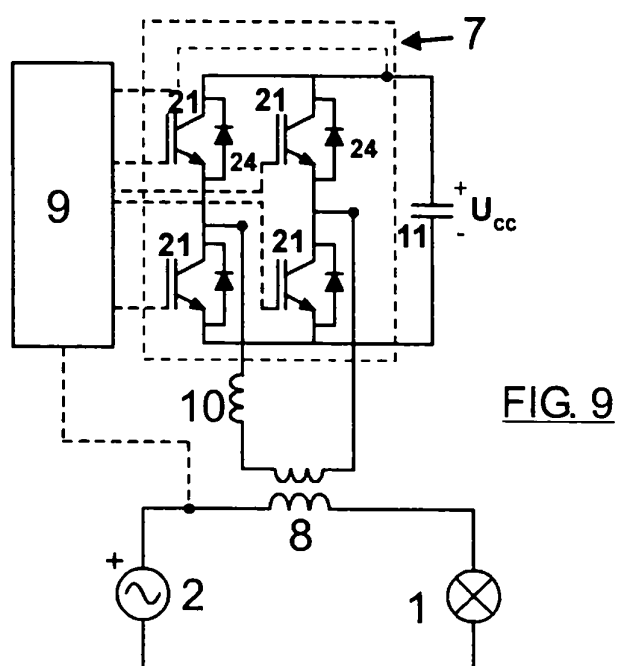


FIG. 9

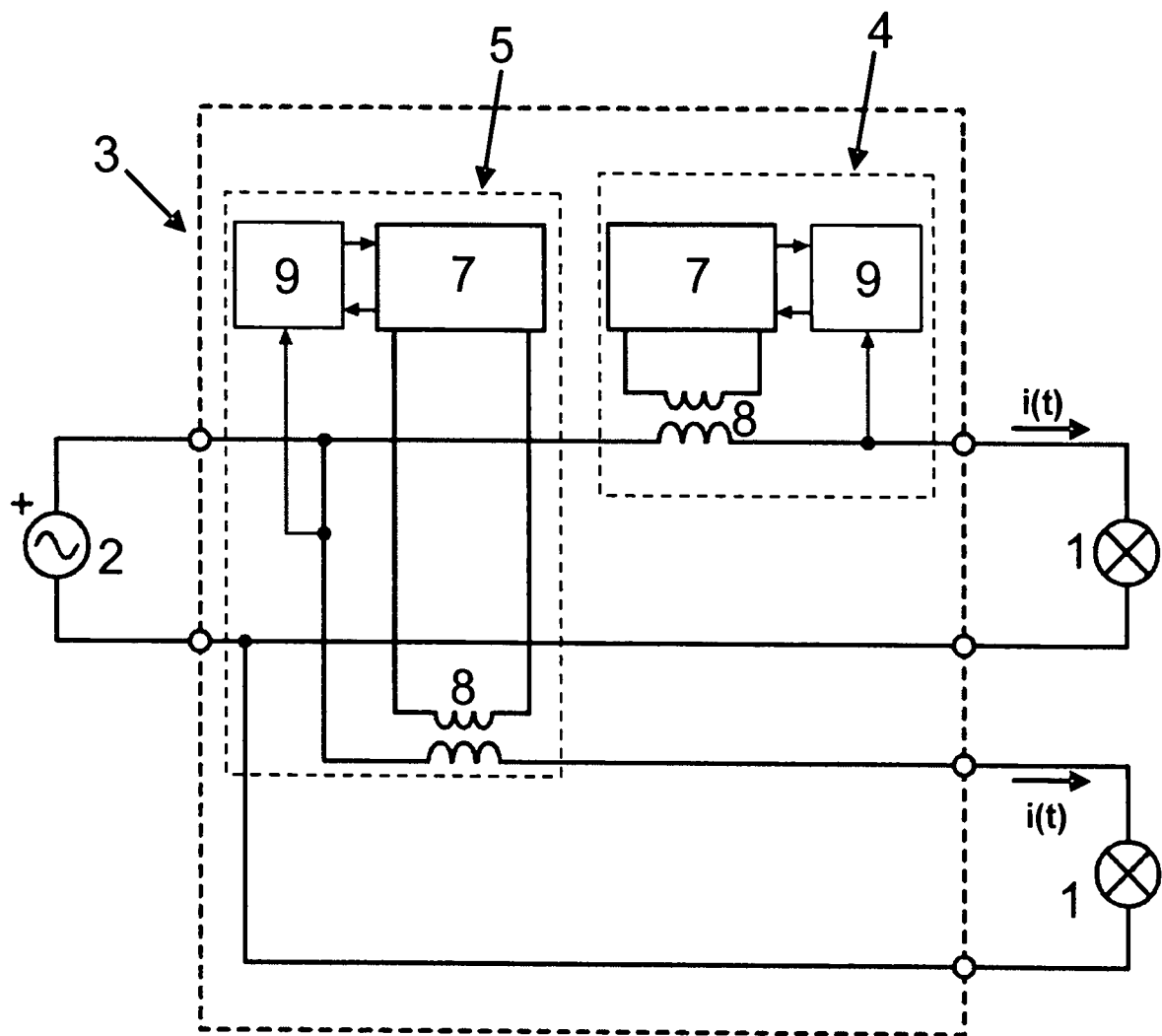
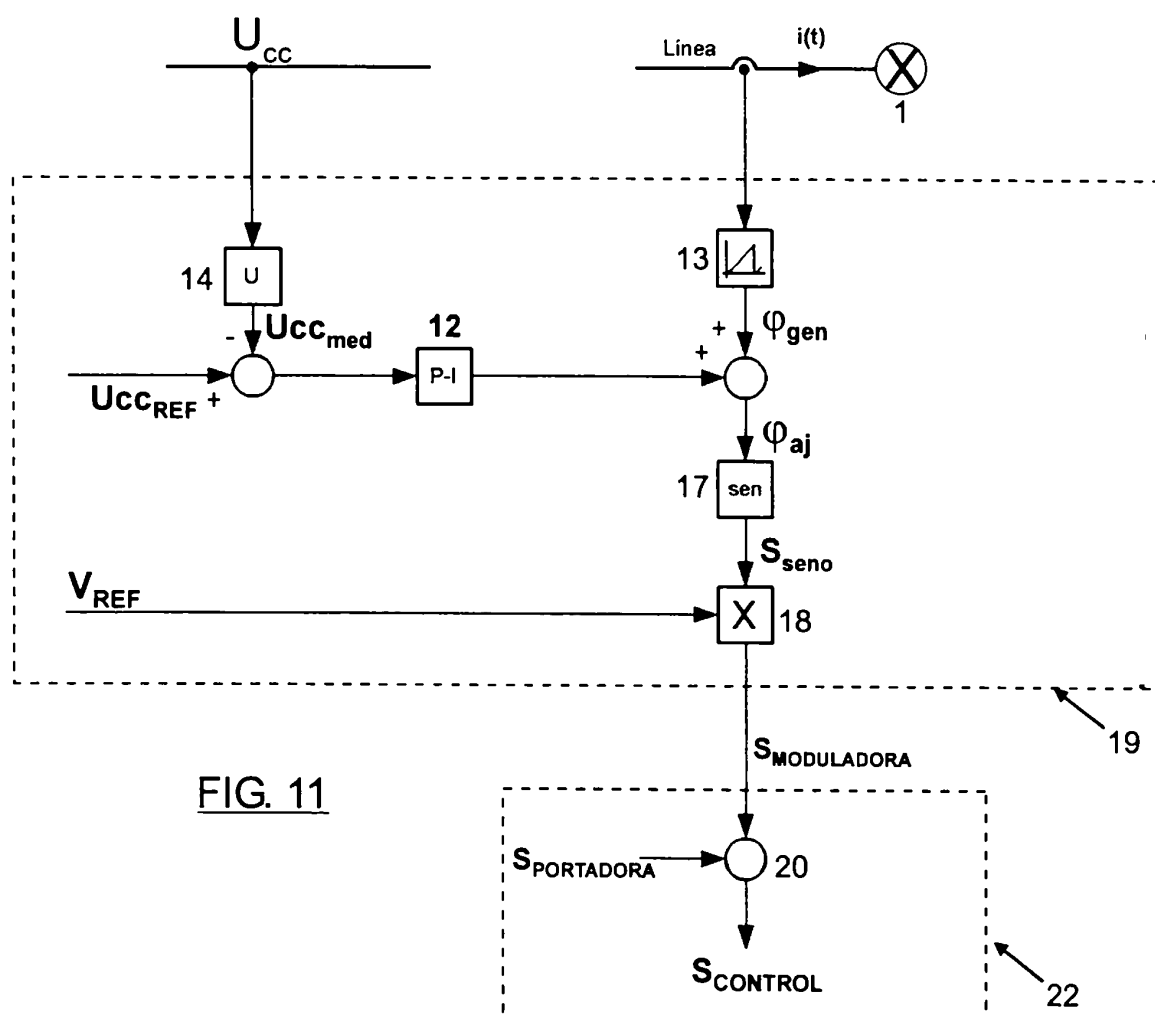


FIG. 10



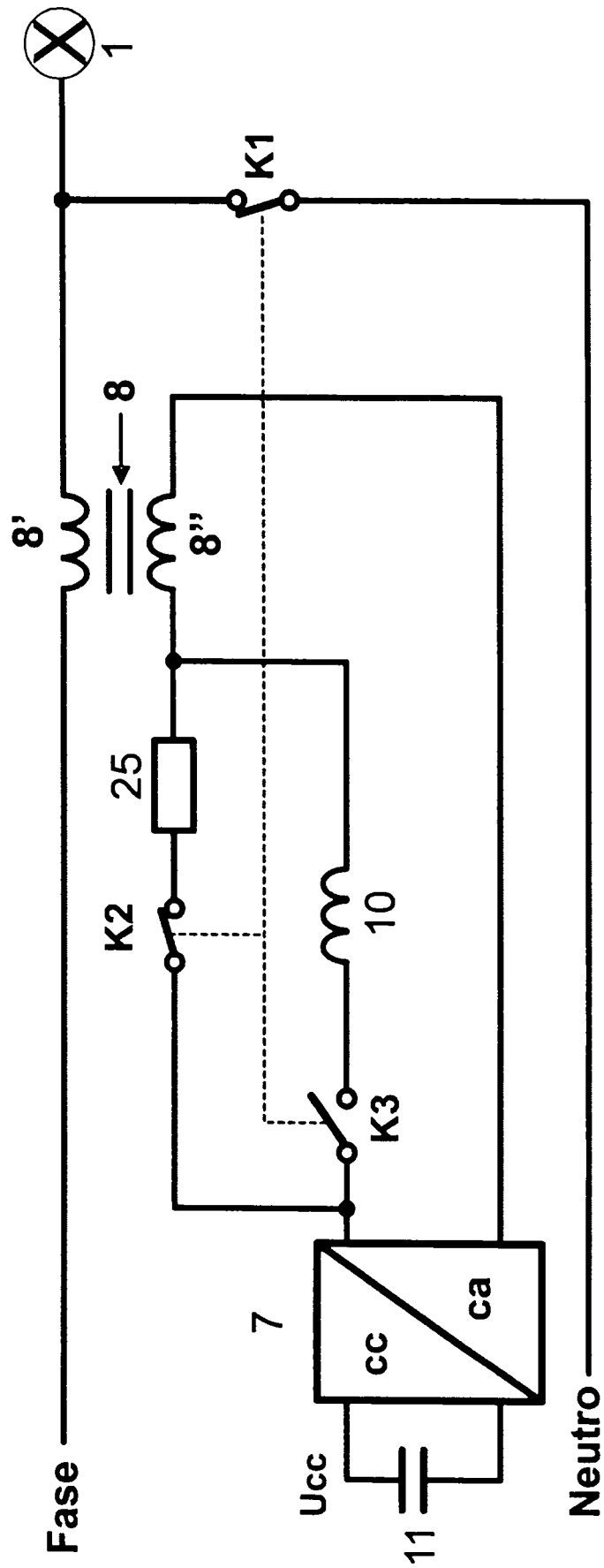


FIG. 12

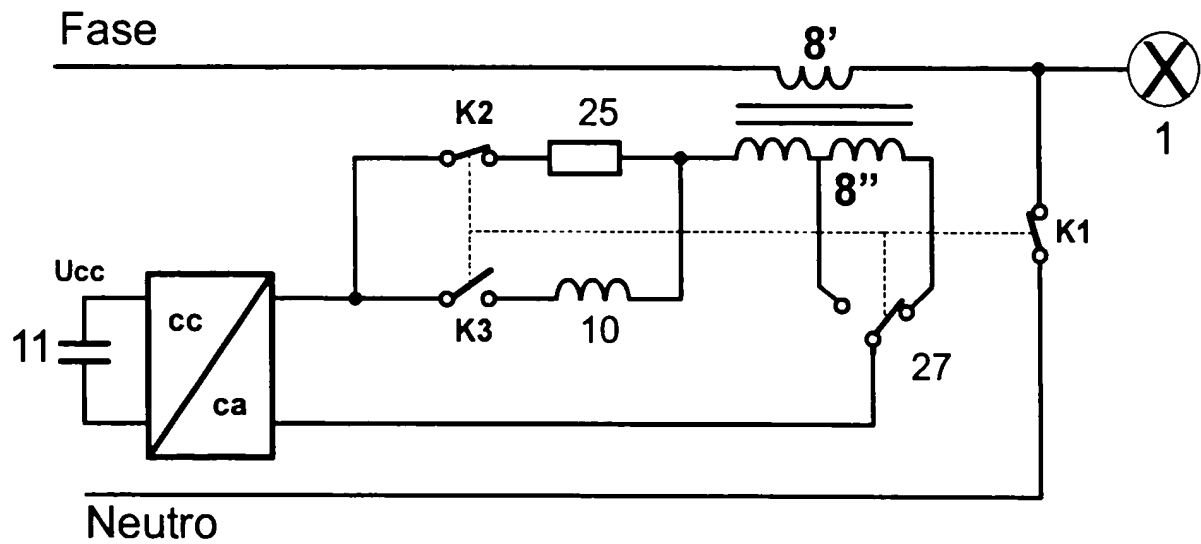


FIG. 13

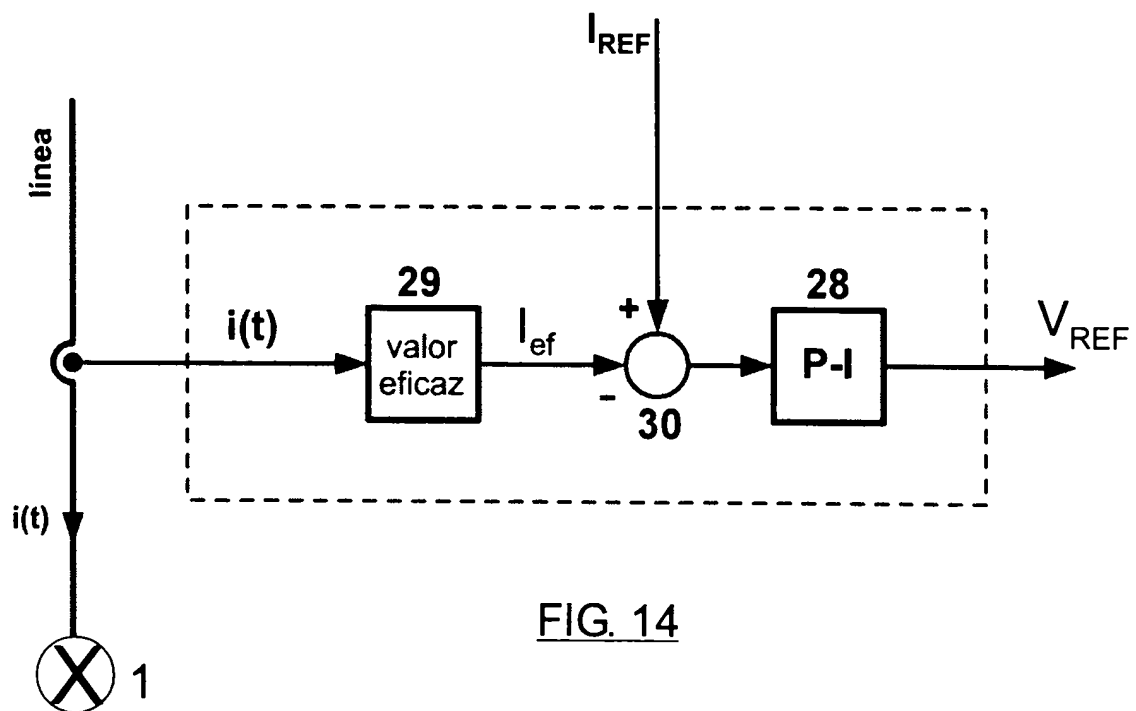


FIG. 14



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 325 730

⑫ Nº de solicitud: 200900479

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 20.02.2009

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: H02J 3/18 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2006037265 A1 (ENERGY DOUBLETREE LTD E; CHUNG HENRY SHU-HUNG; HO NGAI-MAN) 13.04.2006, página 14, línea 6 - página 17, línea 9; resumen.	1-11
A	US 2007057640 A1 (CHUNG et al.) 15.03.2007, párrafos [0022-0025]; reivindicación 10.	1-11
A	ES 2070051 A2 (INGENIERIA DE SISTEMAS DE CONT) 16.05.1995, columna 3, línea 1 - columna 4, línea 51.	1-11

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

31.08.2009

Examinador

M. Argüeso Montero

Página

1/4

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

H02J

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 31.08.2009

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-11	SÍ
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-11	SÍ
	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 ha sido publicada.

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	WO 2006037265 A1	13-04-2006
D02	US 2007057640 A1	15-03-2007
D03	ES 2070051 A2	16-05-1995

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

- Reivindicaciones 1-11

El documento D1 es el documento del estado de la técnica más próximo a la invención reivindicada.

En él se describe un sistema de regulación continua de alumbrado con dos reguladores, pudiendo ser cada uno de ellos inductivo o capacitivo. A diferencia de la invención de la reivindicación 1, en el documento D1 uno de los inductores está conectado en serie a la entrada de todo el sistema de alumbrado y el otro en paralelo, mientras que en la reivindicación 1 cada regulador se conecta en serie con una lámpara del sistema de iluminación. Por tanto, la manera de abordar el problema en ambos casos es diferente.

Por otro lado, en el documento D2 se describe un sistema de regulación de la intensidad lumínica para al menos una lámpara. Este sistema comprende medios reguladores conectados en serie con la lámpara. Estos se pueden regular para suministrar una tensión que puede estar adelantada o retrasada 90 grados respecto de la corriente que atraviesa cada lámpara, siendo, por tanto, inductivos o capacitivos.

Sin embargo, a diferencia de la invención de la reivindicación 1, el sistema tiene como propósito regular la intensidad lumínica de la lámpara y no el factor de potencia visto desde la red. Así, el problema que debe resolver un experto en la materia a la vista de este documento es la utilización combinada de estos medios reguladores conectados en cada una de las lámparas, lo cual no resulta obvio a la vista del estado de la técnica.

En conclusión, ni los documentos citados ni una combinación relevante de los mismos anticipan la invención reivindicada de manera evidente para un experto en la materia.

Por tanto, los documentos citados sólo reflejan el estado de la técnica y no afectan a la novedad y a la actividad inventiva reivindicada en esta solicitud.