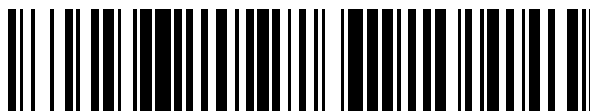


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 768**

51 Int. Cl.:

H05B 33/08

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2015** **PCT/EP2015/062705**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015** **WO15193137**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2015** **E 15725683 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017** **EP 3056066**

54 Título: **Circuito de control dinámico**

30 Prioridad:

17.06.2014 EP 14172696

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

31.07.2017

73 Titular/es:

PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 45
5656 AE Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

ARULANDU, KUMAR;
MALYNA, DMYTRO VIKTOROVYCH y
KURT, RALPH

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 627 768 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

Circuito de control dinámico

5 Campo de la invención

La invención describe un circuito de control dinámico; una disposición de iluminación atenuable; una bombilla LED de modernización; y un método de excitación de una disposición de iluminación LED atenuable.

10 Antecedentes de la invención

A medida que los diodos emisores de luz se están volviendo más baratos y más atractivos para su uso en aplicaciones de iluminación de modernización, se requieren soluciones de excitador de bajo coste. Son conocidas varias topologías de excitador de la técnica anterior, por ejemplo descritas en los documentos US 8.698.407 B1, US 2014/0049730 A1, US 2007/0097043 A1, US 2012/0181940 A1 y US 2010/0156324 A1.

En un producto de iluminación LED de modernización, se incorporan uno o más LED de potencia junto con los circuitos del excitador en un aparato de bombilla estándar, por ejemplo un aparato GU10. Hay cierto número de formas de alimentar una lámpara LED modernizada a partir de una fuente de alimentación de la red o convertidor de potencia. Sin embargo, dado que es deseable algún grado de flexibilidad para gestionar diferentes tensiones continuas de los diferentes LED, el circuito del excitador se basa normalmente en una fuente de alimentación conmutada (SMPS). Por ejemplo, el excitador puede comprender una SMPS auto-oscilante de etapa simple.

Preferentemente, una aplicación de iluminación por LED de modernización debería ser capaz de ser usada en conjunto con atenuadores ya existentes. Un tipo ampliamente usado de atenuador de inicio de fase anterior se dispone normalmente para seguir un rectificador y funciona mediante la realización de un corte de fase en la parte del flanco de subida de la tensión principal rectificadora. El "ángulo de corte de fase" se refiere al ángulo (entre 0° y 180°) a partir del que el atenuador suprime o corta una semionda de la señal de tensión de red rectificadora. Un excitador de lámpara LED, que puede disponerse entre dicho atenuador anterior y los LED, recibe esta tensión de entrada con la fase cortada y debe ser capaz de satisfacer ciertos requisitos tales como proporcionar una corriente de mantenimiento mínima. Esto puede conseguirse por ejemplo mediante un convertidor de potencia con un condensador de acumulación conectado a través de la salida de una fuente de alimentación conmutada. El condensador de acumulación alisa la tensión de corte de fase a la salida del excitador, pero el rizado de tensión sobre el condensador de acumulación dará como resultado algún nivel de rizado sobre la corriente de LED. Durante un modo de funcionamiento no atenuado o solamente ligeramente atenuado de los LED (pequeño ángulo de corte de fase), la corriente de LED es relativamente alta, de modo que el efecto de retardo de la corriente es menor comparado con el modo atenuado, por ejemplo, con un ángulo de conducción de 90°, y no influye adversamente en la producción de luz. Sin embargo, con la creciente eficiencia de los LED, la resistencia en serie equivalente (ESR) del LED de potencia está disminuyendo, y la ESR de un LED es aproximadamente inversamente proporcional a su corriente nominal. Para un LED con una ESR baja, por lo tanto, el rizado de tensión sobre el condensador de acumulación tendrá un impacto significativo sobre el rizado de la corriente de LED, que alcanza un máximo con ángulos de corte de fase de aproximadamente 90° y que puede producir un parpadeo apreciable sobre la producción de luz de los LED.

Una forma de reducir el rizado de la corriente de LED con la intención de suprimir el parpadeo podría ser usar un mayor condensador de acumulación. Sin embargo, dado que el excitador y los LED se implementan normalmente en un producto de bombilla de modernización, las dimensiones físicas de la bombilla del diseño actual presentan unas restricciones que descartan el uso de un condensador mayor, dado que el tamaño físico se incrementa en general con la capacidad. Otra forma de gestionar el rizado no deseable podría ser usar una resistencia de disipación de potencia adicional en serie con los LED. Sin embargo, dicha resistencia de disipación de potencia disminuye la eficiencia del circuito de iluminación debido a las pérdidas de potencia cuando se accionan los LED en un modo no atenuado de funcionamiento. La resistencia de disipación de potencia no es por lo tanto atractiva desde un punto de vista medioambiental, dado que la tendencia es hacia soluciones de iluminación más eficientes energéticamente.

Por lo tanto, es un objeto de la invención proporcionar una forma mejorada de excitación de una disposición de LED a partir de una fuente de alimentación atenuable mientras se evitan los problemas descritos anteriormente.

Sumario de la invención

El objeto de la invención se consigue mediante el circuito de control dinámico de la reivindicación 1; mediante la disposición de iluminación atenuable de la reivindicación 8; mediante la bombilla LED de modernización de la reivindicación 13, y mediante el método de la reivindicación 14 para la excitación de la disposición de LED.

De acuerdo con la invención el circuito de control dinámico se realiza para la conexión en serie con una disposición de LED, y comprende un primer elemento de conmutación realizado para proporcionar una trayectoria para la

corriente de LED, y una disposición de supervisión realizada para el control del primer elemento de conmutación de acuerdo con el nivel de la corriente de LED de modo que el circuito de control dinámico presente una impedancia serie a un excitador de la disposición de LED, impedancia en serie que se incrementa gradualmente en respuesta a una disminución de la corriente de LED a través de la disposición de LED. En este caso, la expresión “corriente de LED” se ha de entender en su significado aceptado como la corriente de LED promedio a través de la disposición de LED. La corriente de LED disminuirá cuando el atenuador (que precede al excitador) realiza un corte de fase sobre la tensión de red, de modo que una parte de la tensión de red se pasa al excitador del LED. Dado que la impedancia en serie cambia en respuesta a la corriente promedio del LED, el circuito de control dinámico de acuerdo con la invención puede considerarse como “una impedancia en serie controlable”. La expresión “incremento gradual” tal como se usa para describir la impedancia en serie del circuito de control dinámico se ha de entender que significa que la impedancia se incrementa suavemente en respuesta a una disminución de la corriente LED promedio, sin ninguna discontinuidad o interrupción significativa, y se deduce que la impedancia en serie del circuito de control dinámico disminuirá gradualmente en respuesta a una corriente de LED promedio creciente. En otras palabras, la impedancia en serie del circuito de control dinámico se altera suavemente en proporción a la corriente de LED promedio, por ejemplo en una proporción no lineal inversa.

Una ventaja del circuito de control dinámico de acuerdo con la invención es que presenta solamente una baja impedancia en serie durante los modos de funcionamiento no atenuados o ligeramente atenuados, de modo que la eficiencia del circuito de iluminación LED no queda afectada adversamente. Sin embargo, con niveles de atenuación muy bajos, la impedancia presentada por el circuito de control dinámico es relativamente alta. El excitador de la lámpara —incluyendo el condensador de acumulación— de la disposición de LED “verá” esta impedancia más alta, y se utilizará más efectivamente el condensador de acumulación en la salida del excitador. Otra ventaja del circuito de control dinámico de acuerdo con la invención es que puede reducirse significativamente el rizado de la corriente de LED. Esto se explicará con mayor detalle a continuación. El circuito de control de acuerdo con la invención puede responder o reaccionar a cambios en el condensador de acumulación, lo que presenta un rizado que se debe a la tensión de entrada sinusoidal al atenuador y excitador, y puede controlar la descarga del condensador de acumulación durante el periodo en el que la potencia momentánea es más baja que la potencia de salida promedio del convertidor de potencia conmutado. Por esta razón, el circuito de control de acuerdo con la invención puede considerarse como un “circuito de descarga dinámico”.

De acuerdo con la invención, la disposición de iluminación atenuable comprende una disposición de LED; un excitador realizado para proporcionar una tensión de entrada y una corriente de entrada a la disposición de LED; y un circuito de control dinámico de acuerdo con la invención conectado en serie con la disposición de LED.

Una ventaja de la disposición de iluminación atenuable de acuerdo con la invención es que el comportamiento de los LED se mejora con niveles de atenuación con grandes ángulos de corte de fase, mientras que la alta eficiencia de la disposición de iluminación permanece sin afectar cuando funciona en un modo de funcionamiento no atenuado o solo ligeramente atenuado.

De acuerdo con la invención, una bombilla de LED de modernización comprende una carcasa con un conector de casquillo GU10 para la conexión de una fuente de alimentación atenuable; una disposición de LED montada sobre una tarjeta de circuito impreso en la carcasa; y un circuito de control dinámico de acuerdo con la invención conectado en serie con la disposición de LED.

Las bombillas con casquillos GU10 se usan ampliamente en una variedad de aplicaciones de iluminación tales como la iluminación doméstica. Los equipos de iluminación antiguos se diseñaron frecuentemente para su uso con fuentes de luz de un reflector de múltiples caras (por ejemplo, lámparas halógenas MR16), y se diseñaron normalmente para su uso con un atenuador tal como un atenuador de corte de fase de inicio de fase. Una ventaja de la bombilla de modernización de acuerdo con la invención es que puede usarse para sustituir una fuente de luz tal como una lámpara halógena MR16, y puede usarse en conjunto con la mayor parte de los atenuadores de corte de fase de inicio de fase anteriores. La bombilla LED de modernización de acuerdo con la invención puede realizar por lo tanto una contribución significativa hacia la reducción del consumo de energía en el hogar medio.

De acuerdo con la invención, el método de excitación de una disposición de LED comprende las etapas de conectar un circuito de control dinámico de acuerdo con la invención en serie con la disposición de LED; proporcionar una corriente de LED a la disposición de LED; y hacer funcionar el circuito de control dinámico para efectuar un incremento en su impedancia en serie en respuesta a una disminución de la corriente de LED a través de la disposición de LED.

Una ventaja del método de acuerdo con la invención es que puede mejorarse la compatibilidad de los LED de baja ESR y atenuadores anteriores, mediante el incremento de la impedancia en serie del circuito según disminuye la corriente de LED. Esto hace posible mejorar la utilización de un condensador de acumulación que se conecte a las salidas del excitador. La impedancia en serie incrementada presentada por el circuito de control dinámico compensará la baja ESR de los eficientes LED. Al mismo tiempo, el método de acuerdo con la invención puede

asegurar un rendimiento de salida mejorado de los LED, dado que puede reducirse o eliminarse favorablemente el parpadeo, en modos de baja atenuación.

Las reivindicaciones dependientes y la descripción que sigue divulgan realizaciones y características particularmente ventajosas de la presente invención. Las características de las realizaciones pueden combinarse según sea apropiado. Las características descritas en el contexto de una categoría de reivindicación pueden aplicarse igualmente a otra categoría de reivindicación.

En lo que sigue, pero sin limitar la invención de ninguna forma, puede suponerse que el excitador comprende una fuente de alimentación conmutada, por ejemplo, una fuente de alimentación auto-oscilante de etapa simple. Puede suponerse también que el excitador comprende un condensador de acumulación conectado a través de su salida para asegurar la compatibilidad con un atenuador anterior, preferentemente un atenuador de corte de fase de inicio de fase.

En lo que sigue, la expresión “modo de funcionamiento sin atenuar” o “modo de funcionamiento no atenuado” puede entenderse que significa cualquier modo de funcionamiento en el que el ángulo de conducción del atenuador está próximo a 180°, por ejemplo, en un intervalo en el que la potencia de salida relativa de la disposición de LED está próxima al 100 %. La expresión “modo de funcionamiento en atenuación” puede entenderse que significa cualquier modo de funcionamiento en el que el ángulo de conducción del atenuador es tal que la producción de luz es notablemente menor que la producción de luz total. Las expresiones “atenuación muy baja” o “atenuación profunda” pueden entenderse que significan un modo de funcionamiento en el que el ángulo de conducción del atenuador es relativamente pequeño, por ejemplo en el intervalo de aproximadamente 45° o menor, en el que la producción de luz del LED alcanza un mínimo sin que realmente se apaguen. Dado que los atenuadores anteriores se usan en general en conjunto con un rectificador de onda completa, el ángulo de conducción del atenuador puede ser como mucho de 180°. Los atenuadores de inicio de fase usados típicamente cortan una parte del flanco de subida o fracción de la señal rectificadora, de modo que el “ángulo de corte de fase” es generalmente equivalente a 180° menos el ángulo de conducción del atenuador, y viceversa. Por ejemplo, un ángulo de corte de fase de 45° corresponde a un ángulo de conducción del atenuador de 135°.

La impedancia controlable en serie puede conseguirse, como se ha explicado anteriormente, porque el circuito de control dinámico comprende un primer elemento de conmutación realizado para proporcionar una trayectoria para la corriente de LED a través de una resistencia de detección de corriente, y una disposición de supervisión realizada para controlar el primer elemento de conmutación de acuerdo con la corriente a través de la disposición de LED, es decir de acuerdo con el nivel de impedancia en serie que se ha de “ver” por parte del excitador. Por lo tanto, si la corriente de LED disminuye, la disposición de supervisión puede responder para controlar el primer elemento de conmutación de acuerdo con ello.

Preferentemente, la disposición de supervisión comprende un segundo elemento de conmutación dispuesto para generar una señal de control para el primer elemento de conmutación. Los elementos de conmutación pueden realizarse usando cualquier componente de conmutación discreto adecuado, por ejemplo transistores de unión bipolares (BJT) o transistores de efecto de campo (MOSFET). En una realización particularmente preferida de la invención, el primer elemento de conmutación (al que se hace referencia como el “transistor de conmutación” en lo que sigue) puede realizarse usando un BJT PNP, y el segundo elemento de conmutación (al que se hace referencia como el “transistor de control” en lo que sigue) puede realizarse usando un BJT NPN, por lo que el transistor de conmutación y el transistor de control se conectan en una disposición de tipo tiristor de modo que cuando el transistor de control está “en conducción”, extrae una corriente de base del terminal del transistor de conmutación. Preferentemente, al menos el transistor de conmutación tiene una elevada ganancia de corriente. Por ejemplo, puede usarse como un transistor de conmutación un BJT PNP con una ganancia de corriente o h_{FE} en el intervalo de 100.

Durante un modo de funcionamiento no atenuado, la corriente de entrada promedio a la disposición de iluminación es relativamente alta, y la caída de tensión a través de la trayectoria de corriente, es decir la unión colector - emisor del transistor, es baja. En todos los modos de funcionamiento, la corriente de salida promedio del excitador se conduce a través de la disposición de LED, el transistor de conmutación y el transistor de control. En una realización basada en los BJT, por ejemplo, el colector del transistor de control proporciona siempre la corriente de base promedio requerida para el transistor de conmutación que a su vez conducirá la corriente de salida promedio del excitador de LED. Para proporcionar una corriente de emisor para el transistor de conmutación, el transistor de control requiere una corriente de base, lo que se proporciona en un cierto número de formas tal como se explicará a continuación.

Sin embargo, durante un modo de funcionamiento atenuado el ángulo de conducción del atenuador disminuye, y se reduce en consecuencia la corriente de entrada promedio a la disposición de iluminación, de modo que la caída de tensión a través de la resistencia de detección de corriente caerá a un nivel en el que el transistor de control solo puede proporcionar una débil corriente de excitación al transistor de conmutación. La tensión a través del condensador de acumulación comenzará por lo tanto a elevarse. Dado que la tensión directa de la disposición de

LED es constante, la tensión en la salida de la disposición de LED también comenzará por lo tanto a elevarse. Como se explicará con la ayuda de los dibujos, la tensión a la salida de la disposición de LED presentará una oscilación mayor con bajas variaciones del nivel de corriente de LED, dando como resultado el comportamiento de “alta impedancia” del circuito de control dinámico.

Dado que la corriente de entrada a los LED es esencialmente una serie alisada de pulsos de corriente, habrá algún grado de rizado en la corriente de LED, lo que puede propagarse entre los componentes del circuito de control dinámico. Por lo tanto, en una realización preferida adicional de la invención, la disposición de supervisión comprende una parte de circuito de filtro dispuesta para suprimir una corriente de rizado sobre la señal de control del transistor de conmutación.

Como se ha indicado anteriormente, la más reciente generación de los LED son más eficientes, de modo que la tendencia es hacia una resistencia equivalente en serie menor. En un diseño convencional que sustituye LED con alta ESR con LED de baja ESR, el tamaño del condensador de acumulación debe incrementarse para evitar un parpadeo excesivo. Sin embargo, un condensador con la capacidad más alta es también físicamente mayor, y puede ser difícil o imposible incorporar dicho condensador mayor en una pequeña carcasa tal como un aparato de iluminación GU10. Por lo tanto, en una realización particularmente preferida de la invención, los componentes de circuito del circuito de control dinámico se eligen en base a una impedancia en serie deseada con niveles de corriente LED específicos. Por ejemplo, los componentes pueden elegirse para presentar una resistencia en serie que se aproxime a $1,0\text{ k}\Omega$ para una corriente de LED promedio en la zona de $0,01\text{ mA}$, y una resistencia en serie de como mucho $10,0\text{ }\Omega$ para una corriente de LED promedio en la zona de $0,08\text{ mA}$. La corriente de LED promedio es función del ángulo de corte de fase o el ángulo de conducción de la atenuación, de modo que la impedancia en serie puede expresarse también en función del ángulo de corte de fase. Por ejemplo, los componentes pueden elegirse para presentar una resistencia en serie que se aproxime a $1,0\text{ k}\Omega$ para un ángulo de corte de fase de menos de 45° , y una resistencia en serie de como mucho $10,0\text{ }\Omega$ para un ángulo de corte de fase que supere los 135° .

En una realización preferida de la invención, los componentes del circuito de control dinámico son componentes discretos elegidos para funcionar únicamente usando una tensión suministrada en la salida de la disposición de LED. Una ventaja adicional del circuito de control dinámico de acuerdo con la invención es que no requiere una conexión explícita a una fuente de alimentación, normalmente denominada como V_{CC} , lo que sería el caso para un módulo de circuito realizado como un circuito integrado (IC). En su lugar, el circuito de control dinámico de acuerdo con la invención puede funcionar usando la tensión fluctuante en la salida de la disposición de LED.

Una ventaja significativa adicional del circuito de control dinámico de acuerdo con la invención es que la tensión en el nodo de salida de la disposición de LED se eleva de acuerdo con el nivel de atenuación, es decir, con bajos niveles de atenuación (pequeños ángulos de conducción del atenuador) la tensión en el nodo de salida de la disposición de LED es relativamente alta, mientras que la corriente de LED es relativamente baja. Esto es debido a que el ángulo de conducción del atenuador disminuye durante un modo de funcionamiento atenuado como se ha explicado anteriormente, y la tensión a través del condensador de acumulación comenzará por lo tanto a elevarse. Dado que la tensión directa de la disposición de LED es casi constante, la tensión a la salida de la disposición de LED comenzará también a elevarse. En una realización preferida de la disposición de iluminación de acuerdo con la invención, puede darse un buen uso a esta relación mediante una disposición de circuito drenador (*bleeder*) realizado para drenar una parte de la corriente de entrada de acuerdo con una tensión en la salida de la disposición de LED. Cuando la tensión en el nodo de salida de la disposición de LED se incrementa, la cantidad de potencia disipada en el drenador se incrementa en proporción. De esta forma, puede mejorarse adicionalmente la compatibilidad de un excitador de SMPS con un atenuador anterior, dado que la energía en exceso proporcionada por el atenuador con bajos niveles de atenuación puede “desecharse” fácilmente, permitiendo de ese modo una producción de luz muy baja con bajos niveles de atenuación.

En una realización preferida de la disposición de iluminación de acuerdo con la invención, la disposición de circuito drenador comprende un transistor de unión bipolar NPN cuya base se conecta a la salida de la disposición de LED. Se conecta una primera resistencia de disipación de potencia entre el colector y un terminal de salida positivo del excitador, y se conecta una segunda resistencia de disipación de potencia entre el emisor del transistor drenador y el colector del transistor de conmutación. Preferentemente, el transistor drenador tiene una ganancia de corriente o h_{FE} en la zona de 20 a 100. Claramente, cuando la tensión en el nodo de salida de la disposición de LED se incrementa, la cantidad de corriente que puede pasar a través del transistor drenador se incrementará en consecuencia. La corriente total del LED proporcionada por el excitador aún pasará efectivamente a través de la resistencia de detección de corriente, de modo que la presencia del drenador no afecta de modo adverso al rendimiento del circuito de control dinámico.

Otros objetos y características de la presente invención serán evidentes a partir de la descripción detallada que sigue considerada en conjunto con los dibujos adjuntos. Se ha de entender, sin embargo, que los dibujos se diseñan únicamente con la finalidad de ilustración y no como una definición de los límites de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 muestra un diagrama de circuito simplificado de un convertidor de potencia de etapa simple y una fuente de luz LED;
 la Fig. 2 muestra gráficos del rizado de la corriente para diferentes valores de resistencia en serie equivalente del LED;
 la Fig. 3 muestra un diagrama de bloques de una realización de la disposición de iluminación de acuerdo con la invención;
 la Fig. 4 es un diagrama de circuito que muestra una primera realización del circuito de control dinámico de acuerdo con la invención incorporado en una disposición de iluminación;
 la Fig. 5 muestra un gráfico de la impedancia en serie del circuito de control dinámico de acuerdo con la invención;
 la Fig. 6 es un diagrama de circuito que muestra una realización adicional del circuito de control dinámico de acuerdo con la invención;
 la Fig. 7 muestra un gráfico de la corriente del drenador respecto al ángulo de conducción del atenuador para una disposición de iluminación de la Fig. 6;
 la Fig. 8 muestra curvas de atenuación de una disposición de iluminación de acuerdo con la invención y una disposición de iluminación de la técnica anterior;
 la Fig. 9 muestra formas de onda de tensión y corriente de ejemplo en diferentes modos de atenuación para una disposición de iluminación de acuerdo con la invención;
 la Fig. 10 es una representación esquemática de una realización de una bombilla de modernización de acuerdo con la invención.

En los dibujos, números iguales se refieren a objetos iguales a todo lo largo de ellos. Los objetos en los diagramas no están necesariamente dibujados a escala.

Descripción detallada de las realizaciones

La Fig. 1 muestra un diagrama de circuito simplificado de una disposición de iluminación convencional basada en un rectificador de onda completa 4 y un convertidor de potencia de etapa simple 3 o excitador 3 para excitar una fuente de luz LED 2, que puede ser uno o más LED de potencia, normalmente una disposición en serie de uniones LED. La fuente de luz LED 2 puede considerarse como una fuente de tensión constante V_{fw} correspondiente a la tensión directa total de sus LED, en serie con una resistencia en serie equivalente R_{ESR} .

La Fig. 2 muestra gráficos de la corriente de LED respecto al tiempo para diferentes valores de resistencia en serie equivalente de LED. Una primera curva R_{ESR_HI} indica un nivel relativamente bajo de rizado de la corriente para un LED con ESR relativamente alta. La producción de luz para este LED presentará correspondientemente bajos niveles de parpadeo, incluso cuando está atenuada. Una segunda curva R_{ESR_LO} , correspondiente a un LED con una ESR más baja, muestra que el rizado de corriente se incrementa considerablemente, incluso si la corriente promedio I_{av} es esencialmente la misma que para el LED con una ESR más alta. Un LED con una ESR baja, por ejemplo un LED de alta potencia, podría presentar por lo tanto un parpadeo más apreciable cuando se atenúa a un nivel más bajo, por ejemplo con un ángulo de conducción de 90° o menor.

La Fig. 3 muestra un diagrama de bloques de una realización de la disposición de iluminación 10 de acuerdo con la invención, con un excitador SPMS 3 que excita una fuente de luz LED 2 conectada en serie con un circuito de control dinámico 1 de acuerdo con la invención. La disposición de iluminación 10 puede realizarse por ejemplo como una bombilla de modernización para la conexión a una fuente de alimentación atenuable. La fuente de luz LED 2 puede comprender cualquier número de LED, por ejemplo una cadena de uniones LED de potencia conectados en serie. Puede usarse cualquier LED adecuado, por ejemplo para dar una disposición de LED de 5 - 6 W con una tensión directa de 60 - 120 V y 100 - 50 mA de corriente de salida.

Puede suponerse que la fuente de luz LED 2 global tiene una ESR relativamente baja. El circuito de control dinámico 1 se representa como varios elementos Q1, R1, M que interactúan. Se conecta un elemento de conmutación Q1 a la salida de la disposición de LED 2. Se conecta una resistencia R1 de detección de corriente en la salida del elemento de conmutación Q1, y la corriente I_{R1} a través de la resistencia R1 de detección de corriente proporciona una indicación de la intensidad de la corriente de LED I_{LED} . Un circuito de supervisión M supervisa la tensión V_{E_Q1} en el nodo N en la salida de la disposición LED 2, así como la corriente I_{R1} a través de la resistencia R1 de detección de corriente, y controla en consecuencia el funcionamiento del elemento de conmutación Q1. El circuito de control dinámico 1 actúa para mantener la conducción del elemento de conmutación Q1 a cualquier nivel de corriente de LED. Durante el funcionamiento no atenuado de los LED o con grandes ángulos de conducción de atenuación, el circuito de control dinámico 1 parece tener una baja impedancia. Durante un modo de funcionamiento atenuado, la tensión en el nodo N se incrementará, de modo que el circuito de control dinámico 1 parece tener una alta impedancia. Efectivamente, durante el funcionamiento atenuado, el circuito de control dinámico 1 actúa en la misma forma en la que se comportaría una resistencia de disipación de potencia para reducir los efectos de rizado de la corriente. Sin embargo, a diferencia de dicha resistencia de disipación de potencia adicional, el circuito de control

dinámico 1 no disipa potencia innecesariamente durante el funcionamiento no atenuado normal dado que presenta una baja impedancia cuando el ángulo de conducción de atenuación es grande, y una alta impedancia solamente cuando el ángulo de conducción de atenuación es pequeño.

La Fig. 4 es un diagrama de circuito que muestra una primera realización del circuito de control dinámico 1 de acuerdo con la invención, conectado en serie con una disposición de LED 2 a través de las salidas de un excitador. Por razones de ilustración, se muestra el condensador de acumulación C_{buf} , pero debería entenderse que el condensador de acumulación C_{buf} se incorpora generalmente en el excitador. En esta realización de ejemplo, el elemento de conmutación Q1 es un transistor de unión bipolar PNP con h_{FE} grande, denominado en lo que sigue como el transistor de conmutación Q1, con su emisor conectado a un nodo de salida N de la disposición de LED 2. La base del transistor de conmutación Q1 se conecta al colector de un segundo transistor Q2, en este caso un BJT NPN, denominado en lo que sigue como el transistor de control Q2. En esta disposición de tipo tiristor, se proporciona una corriente de excitación I_{B_Q1} a través de la base del transistor de conmutación Q1 cuando el transistor de control Q2 está conduciendo o "en conducción".

Las señales de tensión y corriente se filtran por el condensador C1 para reducir el parpadeo. El condensador C2 se usa como un "condensador de aceleración" para hacer al circuito más sensible a cambios bruscos tales como un rápido reajuste del nivel de atenuación o en condiciones de encendido inicial. La corriente de base del transistor de control Q2 puede proporcionarse mediante dos trayectorias de corriente, sea a través de la resistencia R4 y/o sea a través de la resistencia R3 en paralelo con el condensador C2. Una corriente de excitación I_{B_Q1} suficientemente alta asegurará que esencialmente toda la corriente de LED I_{LED} pasará a través del transistor de conmutación Q1 en todos los modos de funcionamiento, mientras que una pequeña fracción de la corriente de LED I_{LED} se derivará como la corriente de excitación I_{B_Q1} a través del transistor de control Q2.

Durante un modo no atenuado o de ángulos de conducción de atenuador grandes, la caída de tensión a través de la resistencia R1 de detección de corriente es suficiente para mantener el transistor de control Q2 en conducción completa. La caída de tensión emisor-colector a través de la conmutación Q1 es pequeña, de modo que las pérdidas de potencia son despreciables durante un modo de funcionamiento no atenuado. En este modo de funcionamiento, la corriente de excitación de base del transistor de control Q2 es suministrada principalmente por la resistencia R4. Los transistores de conmutación y control Q1, Q2 estarán conduciendo completamente, y como resultado la tensión en el nodo N será mínima. Pequeñas variaciones de corriente en esta zona de alta corriente solo dará como resultado variaciones de tensión menores en el nodo N, de modo que el circuito de control dinámico 1 presenta efectivamente el comportamiento de un circuito de baja impedancia.

Sin embargo, durante un modo de funcionamiento atenuado, el ángulo de conducción del atenuador disminuye, y se reduce en consecuencia la corriente de entrada promedio a la disposición de iluminación 2, de modo que la caída de tensión a través de la resistencia R1 de detección de corriente caerá a un nivel en el que el transistor de control Q2 solo puede proporcionar una débil corriente de excitación I_{B_Q1} al transistor de conmutación Q1. La tensión a través del condensador de acumulación C_{buf} comenzará por lo tanto a elevarse. Dado que la tensión directa de la disposición de LED 2 es constante, la tensión en el nodo de salida N de la disposición de LED 2 comenzará también a elevarse. Por lo tanto, la corriente de excitación de base para el transistor de control Q2 se proporcionará crecientemente por la resistencia R3, y la corriente a través de R3 con bajos niveles de atenuación depende de la tensión V_{E_Q1} en el nodo N. La resistencia R3 tiene preferentemente un valor relativamente alto, por ejemplo 47 k Ω , y la tensión en el nodo N debe elevarse (en esta etapa la tensión a través del condensador de acumulación C_{buf} aumentará, por ejemplo en unos pocos voltios) para proporcionar una corriente de excitación de base suficiente para el transistor de control Q2. Esto permite que el condensador de acumulación C_{buf} se descargue, de modo que se minimice el nivel de rizado de la corriente de LED I_{LED} , con el resultado de que el parpadeo sobre la producción de luz se minimiza también favorablemente. Efectivamente, la tensión V_{E_Q1} en el nodo de salida N mostrará ahora una oscilación mayor con variación de corriente baja lo que corresponde típicamente al comportamiento de una impedancia más alta.

Sin el circuito de control dinámico, la utilización de la capacidad de almacenamiento de energía del condensador de acumulación se determinaría solo mediante una pequeña variación de tensión a través de la disposición de LED 2. Con el circuito de control dinámico 1 en serie con la disposición de LED 2, el condensador de acumulación C_{buf} se usa más efectivamente, dado que la energía almacenada por el condensador de acumulación se determina ahora por la caída de tensión a través de la disposición de LED 2 y el circuito de control dinámico 1, y esto cambia según la corriente de LED I_{LED} en respuesta a una actividad de atenuación. Por lo tanto, la energía $E_{C_{buf}}$ almacenada en el condensador de acumulación C_{buf} puede expresarse como

$$E_{C_{buf}} = \frac{1}{2} C (V_{\max}^2 - V_{\min}^2)$$

en la que C es la capacidad del condensador de acumulación C_{buf} y $V_{\max}$ y $V_{\min}$ son las tensiones del condensador máxima y mínima. Por ejemplo, un rizado de tensión relativamente alto a través del condensador de acumulación C_{buf} en el modo atenuado —durante el que las curvas de carga y descarga del condensador son bajas— indica que

la capacidad de energía de almacenamiento del condensador de acumulación C_{buf} se utiliza más efectivamente por medio del circuito de control dinámico 1, dando como resultado un favorable alisado o reducción en la corriente de rizado a través de la disposición de LED 2.

La Fig. 5 muestra un gráfico de Z_{dyn} , la impedancia en serie del circuito de control dinámico de acuerdo con la invención. El eje Y representa la impedancia promedio [Ω] dentro de un semiciclo de la red (la impedancia promedio se considera que tiene en cuenta variaciones de la corriente dentro de un semiciclo de la red), mientras que el eje X representa el ángulo de conducción del atenuador [$^\circ$] de un semiciclo de la red. El diagrama muestra que la impedancia en serie Z_{dyn} presentada por el circuito de control dinámico de acuerdo con la invención parece baja con altos ángulos de conducción, es decir cuando los LED no están atenuados o solo ligeramente atenuados, de modo que el excitador "ve" solo una baja impedancia en serie. Sin embargo, cuando se atenúan los LED, el excitador "ve" una impedancia Z_{dyn} más alta, que se incrementa cuando disminuye el ángulo de conducción. Para el circuito de control dinámico de la Fig. 4, basado en una implementación que usa unos BJT, la impedancia en serie Z_{dyn} presenta un decaimiento exponencial en función del ángulo de conducción del atenuador. Existe una relación similar entre la corriente de LED y la impedancia en serie Z_{dyn} del circuito de control dinámico, dado que la corriente de LED disminuye cuando disminuye el ángulo de conducción. Los componentes del circuito de control dinámico pueden elegirse para proporcionar los valores de impedancia en serie Z_{LO} , Z_{HI} deseados cuando se usa en conjunto con una disposición de LED específica y un excitador específico. Por ejemplo, los componentes pueden elegirse de modo que el circuito de control dinámico presente una impedancia en serie alta Z_{HI} de 1 k Ω con "atenuación profunda", por ejemplo un ángulo de conducción del atenuador de menos de 10° , y una baja impedancia de solamente aproximadamente 10,0 Ω con un ángulo de conducción del atenuador de 135° o más.

La Fig. 6 es un diagrama de circuito que muestra una realización adicional de la disposición de iluminación de acuerdo con la invención. En este caso, se implementa un circuito drenador 6 para mejorar el comportamiento de la disposición de iluminación con niveles de atenuación profunda. El drenador 6 comprende un transistor Q3, en este caso un BJT NPN, y varias resistencias R5, R6, R7 con la finalidad de disipar potencia cuando los LED se atenúan a bajos niveles. El drenador 6 se activa con una señal de control derivada del nodo N, dado que la tensión V_{E_Q1} en ese nodo N proporciona información acerca de la corriente de entrada promedio a los LED. Como se ha descrito anteriormente, la tensión V_{E_Q1} en el nodo N se incrementará durante la atenuación cuando disminuye la corriente de entrada I_{LED} a los LED. Una vez que la tensión V_{E_Q1} alcanza un cierto nivel, es decir una vez que la corriente I_{LED} del LED promedio ha caído a un cierto nivel, el transistor Q3 se pone en conducción. Puede entonces pasar alguna corriente a través de las resistencias de disipación de potencia R5, R6. En esta realización de ejemplo, puede suponerse que el drenador 6 se realiza como un "drenador de nivel 2", es decir los componentes del drenador 6 se montan sobre la tarjeta de circuito impreso que lleva los LED de la disposición de LED 2. Esto asegura que los elementos de disipación de potencia R5, R6 están en un contacto térmico estrecho con la tarjeta de circuito impreso, de modo que puede disiparse de modo efectivo la energía en exceso proporcionada por un atenuador anterior con bajos niveles de atenuación. El circuito de control dinámico 1 de acuerdo con la invención permite dicha colocación favorable de los componentes del circuito drenador R5, R6, R7, Q3 sobre la misma tarjeta que los LED, dado que la señal de control V_{E_Q1} se origina directamente en la salida N de la disposición de los LED 2, y puede usarse por lo tanto directamente para activar o desactivar el drenador 6 según se requiera. La Fig. 7 muestra un gráfico de la corriente del drenador I_{bleed} [mA] respecto al ángulo de conducción [$^\circ$] del atenuador para el circuito de control dinámico de la Fig. 6. El diagrama muestra que, cuando un ángulo de conducción del atenuador se aproxima a 180° , el drenador 6 permanece inactivo. El drenador 6 solo se activa con ángulos de conducción del atenuador de menos de aproximadamente 120° , para asegurar una transición gradual hacia un modo de atenuación profunda. Cuando disminuye el ángulo de conducción del atenuador, la tensión V_{E_Q1} en el nodo N se incrementa, y puede derivarse más corriente a través de los elementos de disipación de potencia R5, R6 del drenador 6. La cantidad de potencia disipada por el drenador 6 se incrementa por lo tanto con el incremento del ángulo de corte de fase o la disminución del ángulo de conducción del atenuador.

La Fig. 8 muestra una curva de atenuación 81 de una disposición de iluminación previa sin un drenador de "nivel 2" y una curva de atenuación 80 de una disposición de iluminación de acuerdo con la invención con un "drenador de nivel 2". El eje X representa el ángulo de conducción del atenuador [$^\circ$] de un semiciclo de la red, de modo que los ángulos por encima de aproximadamente 160° corresponden a una atenuación mínima o nula, mientras que ángulos de menos de aproximadamente 50° corresponden a una atenuación baja o profunda. El eje Y representa la potencia de salida relativa en porcentaje. El diagrama ilustra la ventaja del drenador en la disposición de iluminación de acuerdo con la invención, dado que es posible reducir significativamente la potencia de salida relativa durante la atenuación. La reducción en la potencia se hace más notable con niveles de atenuación profundos con ángulos de corte de fase de 75° y por debajo, en donde la potencia de salida relativa 80 de la disposición de iluminación de acuerdo con la invención, en la que se controla el drenador mediante la tensión en la salida de la disposición de LED, es significativamente menor que la potencia de salida relativa 81 de la disposición de iluminación sin dicho drenador.

La Fig. 9 muestra formas de onda de tensión y corriente de ejemplo correspondientes a tres modos de funcionamiento de una disposición de iluminación de acuerdo con la invención, en la que se usa un excitador SMPS para excitar una disposición de LED, y en la que se conecta un condensador de acumulación C_{buf} a través de la salida del excitador 3 tal como se muestra por ejemplo en la Fig. 3. Cada modo de funcionamiento se asocia con un

cierto tipo de línea. Un primer modo (línea de puntos) muestra formas de onda V_{RECT_1} , I_{PS_1} , V_{PS_1} , $V_{CE_Q2_1}$, $V_{EC_Q1_1}$ asociadas con un modo de funcionamiento no atenuado (el ángulo de conducción del atenuador es esencialmente 180°); un segundo modo (línea discontinua) muestra formas de onda V_{RECT_2} , I_{PS_2} , V_{PS_2} , $V_{CE_Q2_2}$, $V_{EC_Q1_2}$ asociadas con un modo de funcionamiento atenuado (ángulo de conducción del atenuador de aproximadamente 100° ; ángulo de corte de fase de aproximadamente 80°); y un tercer modo (línea continua) muestra formas de onda V_{RECT_3} , I_{PS_3} , V_{PS_3} , $V_{CE_Q2_3}$, $V_{EC_Q1_3}$ asociadas con un modo de funcionamiento de atenuación profunda (ángulo de conducción del atenuador de solo aproximadamente 30° ; ángulo de corte de fase de aproximadamente 150°). La parte superior del diagrama muestra los semiciclos de la red rectificadas V_{RECT_1} , V_{RECT_2} , V_{RECT_3} después de ser cortada la fase mediante el atenuador de inicio de fase. En caso de atenuación profunda, solo permanece una pequeña fracción de la tensión de entrada rectificada, según se indica por la señal con fase cortada severamente V_{RECT_3} . La siguiente parte del diagrama muestra que la corriente total I_{PS_1} , I_{PS_2} , I_{PS_3} suministrada por la SMPS a la disposición de LED disminuye significativamente cuando disminuye el ángulo de conducción del atenuador. Las formas de onda de salida del excitador de corte de fase se alisan por el condensador de acumulación C_{buf} a través de la salida del excitador, y la siguiente parte del diagrama muestra las salidas de tensión alisadas V_{PS_1} , V_{PS_2} , V_{PS_3} para los tres diferentes niveles de atenuación.

Como se ha explicado anteriormente, los bajos valores de corriente durante la atenuación dan como resultado una caída de tensión a través de la resistencia $R1$ de detección de corriente, con el resultado de que el transistor de control Q2 se corta, y el transistor de conmutación Q1 solo puede extraer una corriente muy baja. Como resultado, la tensión a través del condensador de acumulación C_{buf} comienza a aumentar y la tensión V_{E_Q1} en el nodo N se eleva en consecuencia, de modo que el circuito de control dinámico parece presentar una impedancia en serie Z_{dyn} alta como se ilustra en la Fig. 5. Cuando se eleva la tensión V_{E_Q1} en el nodo N, se alcanza finalmente una tensión de excitación suficiente en la base del transistor de control Q2, que puede entonces extraer una corriente de excitación I_{B_Q1} más grande. El transistor de conmutación Q1 tiene una alta ganancia de corriente y es capaz por lo tanto de conducir más corriente cuando su corriente de excitación I_{B_Q1} se incrementa, de modo que el condensador de acumulación C_{buf} puede descargarse a través de la disposición de LED 2.

El diagrama muestra también la caída de tensión colector-emisor $V_{CE_Q2_1}$, $V_{CE_Q2_2}$, $V_{CE_Q2_3}$ del transistor de control Q2 y la caída de tensión emisor-colector $V_{EC_Q1_1}$, $V_{EC_Q1_2}$, $V_{EC_Q1_3}$ a través del transistor de conmutación Q1 para los tres niveles de atenuación, ilustrando el efecto de la tensión V_{E_Q1} incrementada en el nodo N.

La Fig. 10 es una representación esquemática de una bombilla de modernización 100 de acuerdo con la invención, que puede usarse para sustituir una bombilla halógena más intensa en energía. La bombilla 100 comprende una carcasa 101 y un casquillo GU10. La carcasa y el casquillo pueden corresponder en diseño a los de una bombilla halógena MR16, por ejemplo. En lugar de una fuente de luz halógena, se usa una cadena de uniones LED 20 de potencia para proporcionar luz. Los LED 20 se montan en una tarjeta de circuito impreso 7, y el circuito de control dinámico 1 de acuerdo con la invención se conecta en serie con los LED 20 para compensar su baja ESR. Se incorpora un excitador SMPS en el cuerpo de la lámpara, y el condensador de acumulación C_{buf} se conecta a través de sus salidas de modo que se asegura la compatibilidad cuando se conecta la lámpara 100 a una fuente de alimentación con un atenuador anterior (no mostrado).

Aunque la presente invención se ha divulgado en la forma de realizaciones preferidas y variaciones de las mismas, se entenderá que podrían realizarse a la misma numerosas modificaciones y variaciones adicionales sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, el circuito de control dinámico de acuerdo con la invención puede usarse para un buen efecto en cualquier circuito LED en el que debiera suprimirse el rizado sinusoidal de la red para reducir o eliminar el parpadeo.

Por razones de claridad, se ha de entender que el uso de "un" o "una" a todo lo largo de la presente solicitud no excluye una pluralidad, y "comprendiendo" no excluye otras etapas o elementos.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito de control dinámico (1) realizado para la conexión en serie con una disposición de LED (2), caracterizado por un primer elemento de conmutación (Q1) realizado para proporcionar una trayectoria para la corriente de LED (I_{LED}), y una disposición de supervisión (M) realizada para controlar el primer elemento de conmutación (Q1) de acuerdo con el nivel de la corriente de LED (I_{LED}) de modo que el circuito de control dinámico (1) presente una impedancia en serie (Z_{dyn}), impedancia en serie (Z_{dyn}) que se incrementa gradualmente en respuesta a la disminución de la corriente de LED (I_{LED}) a través de la disposición de LED (2).
2. Un circuito de control dinámico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la disposición de supervisión (M) comprende un segundo elemento de conmutación (Q2) dispuesto para generar una señal de control (I_{B_Q1}) para controlar el funcionamiento del primer elemento de conmutación (Q1).
3. Un circuito de control dinámico de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la disposición de supervisión (M) comprende una parte de circuito de filtro (C1, C2, R3, R4) dispuesta para filtrar la señal de control (I_{B_Q1}) del primer elemento de conmutación (Q1).
4. Un circuito de control dinámico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el circuito de control dinámico (1) comprende solo componentes discretos (Q1, Q2, R1, R2, R3, R4, C1, C2) dispuestos para funcionar con una tensión (V_{E_Q1}) suministrada a la salida (N) de la disposición de LED (2).
5. Un circuito de control dinámico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los componentes del circuito de control dinámico (1) se eligen basándose en una impedancia en serie (Z_{LO} , Z_{HI}) deseada a niveles de corriente de LED específicos.
6. Un circuito de control dinámico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los elementos de conmutación (Q1, Q2) comprenden transistores de unión bipolares (Q1, Q2).
7. Un circuito de control dinámico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, realizado para presentar una impedancia en serie (Z_{dyn}) de al menos 10,0 Ω , más preferentemente de al menos 1000,0 Ω para un ángulo de corte de fase de menos de 45° y para presentar una impedancia en serie (Z_{dyn}) de como mucho 0,1 Ω , más preferentemente como mucho 100,0 Ω para un ángulo de corte de fase mayor de 135°.
8. Una disposición de iluminación atenuable (10) que comprende:
 - una disposición de LED (2);
 - un excitador (3) realizado para proporcionar una corriente de entrada (I_{LED}) a la disposición de LED (2) y
 - un circuito de control dinámico (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 conectado en serie con la disposición de LED (2).
9. Una disposición de iluminación de acuerdo con 8, que comprende una disposición de circuito drenador (6) realizado para drenar una parte de la corriente de entrada (I_{LED}) de acuerdo con una tensión (V_{E_Q1}) en la salida de la disposición de LED (2).
10. Una disposición de iluminación de acuerdo con 9, en la que la disposición de circuito drenador (6) comprende un transistor de unión bipolar NPN (Q3) cuya base se conecta a la salida (N) de la disposición de LED (2).
11. Una disposición de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en la que el excitador (3) comprende una fuente de alimentación conmutada (3).
12. Una disposición de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende un condensador de acumulación (C_{buf}) conectado a través de las salidas del excitador (3).
13. Una bombilla LED de modernización (100), que comprende:
 - una carcasa (101) con un conector de casquillo GU10 (102) para la conexión a una fuente de alimentación atenuable;
 - una disposición de LED (2) que comprende varios LED (20) montados sobre una tarjeta de circuito impreso (7) en la carcasa (101); y
 - un circuito de control dinámico (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 conectado en serie con la disposición de LED (2).

14. Un método de excitación de una disposición de LED (2), que comprende las etapas de:

- 5
- conectar un circuito de control dinámico (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 en serie con la disposición de LED (2);
 - proporcionar una corriente de LED (I_{LED}) a la disposición de LED (2); y
 - hacer funcionar el circuito de control dinámico (1) para efectuar un incremento en su impedancia en serie (Z_{dyn}) en respuesta a la disminución en la corriente de LED (I_{LED}) a través de la disposición de LED (2).

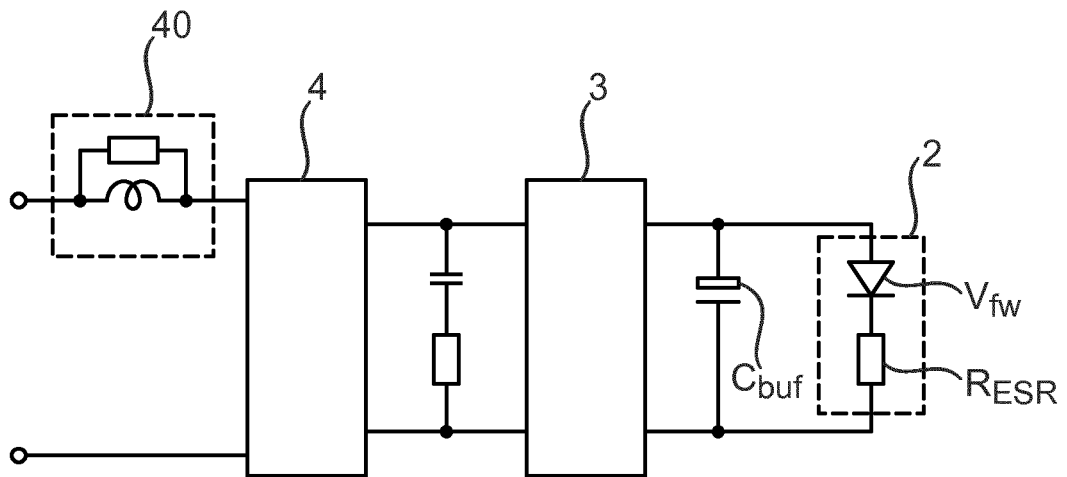


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

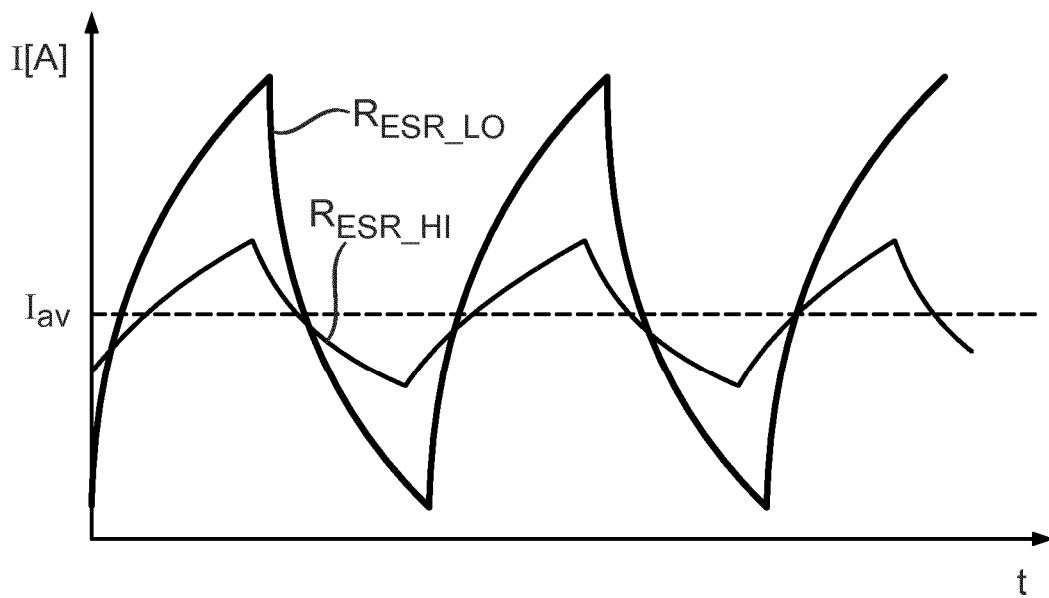


FIG. 2

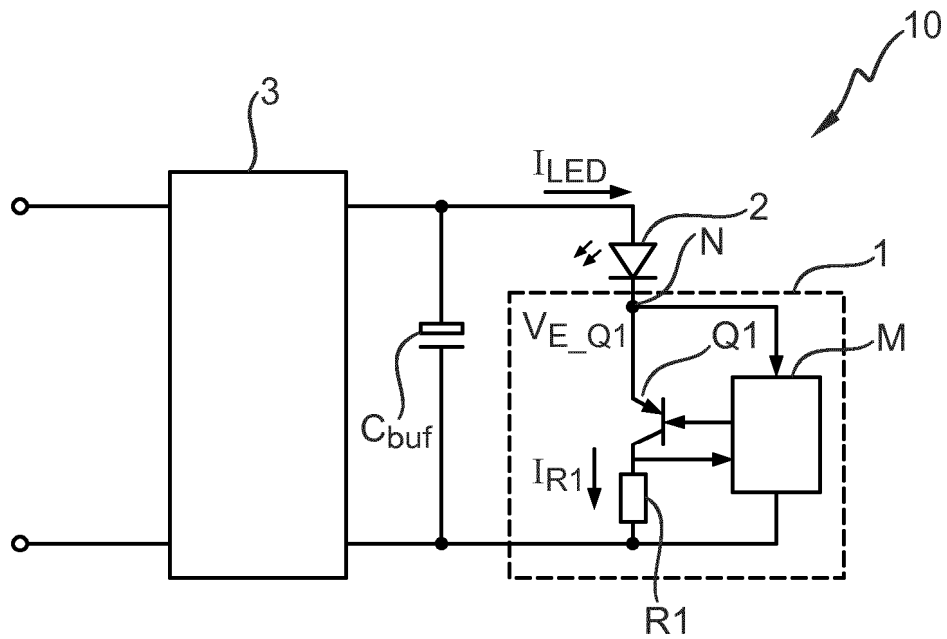


FIG. 3

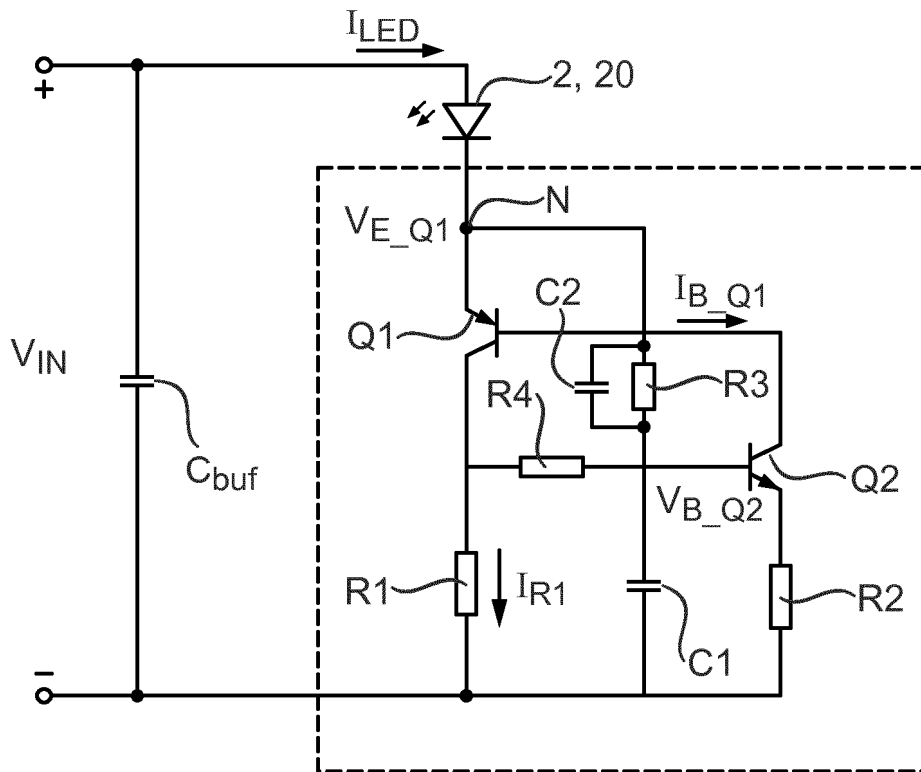


FIG. 4

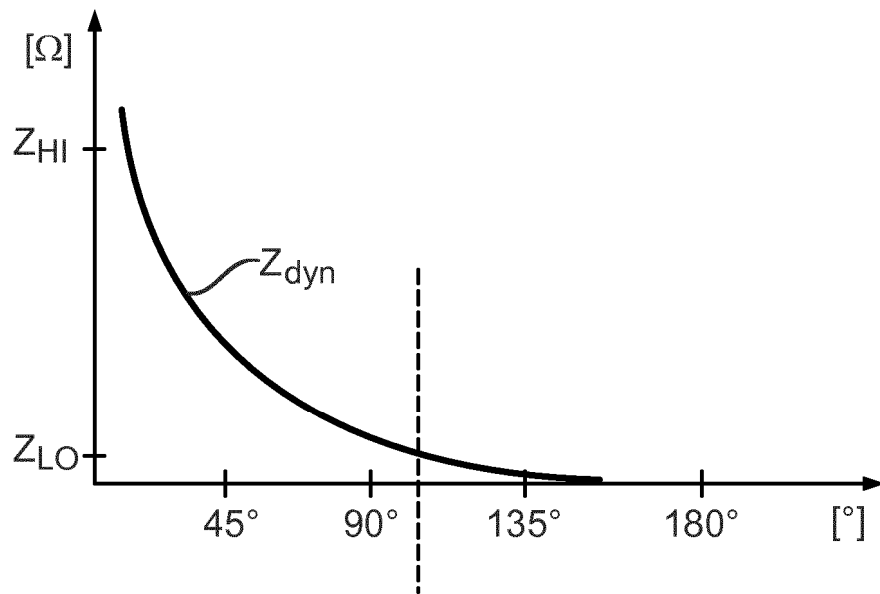


FIG. 5

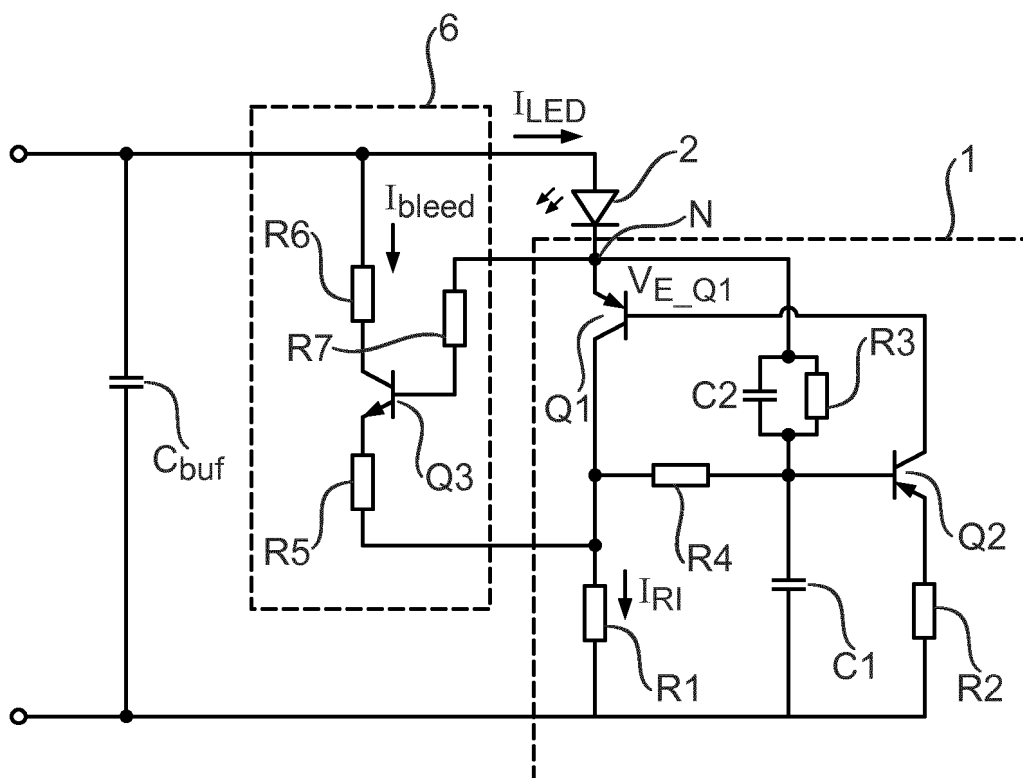


FIG. 6

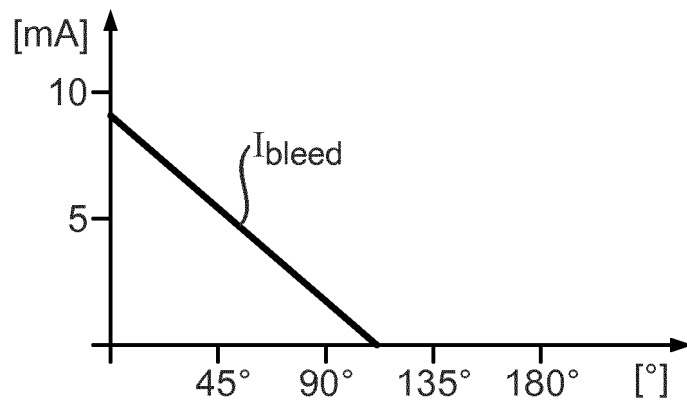


FIG. 7

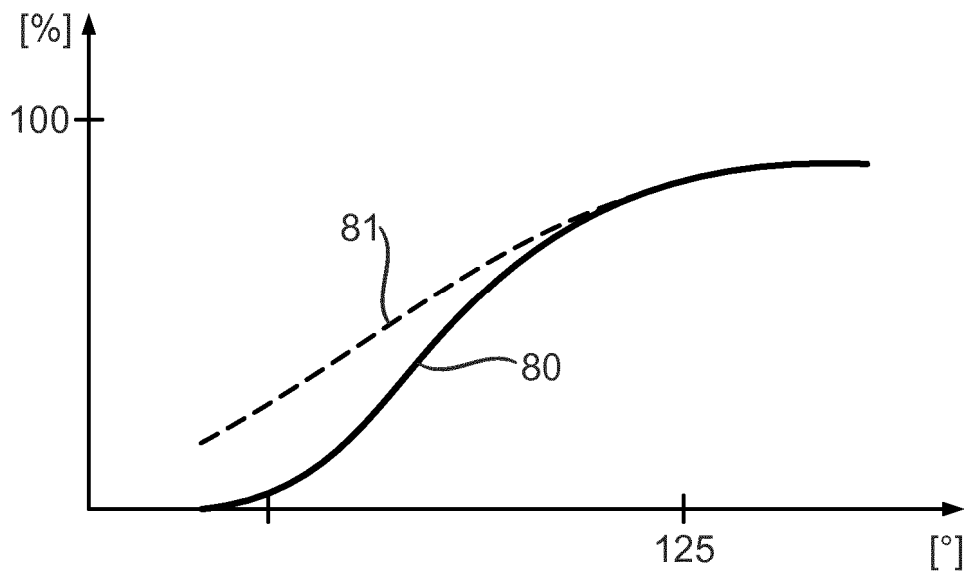


FIG. 8

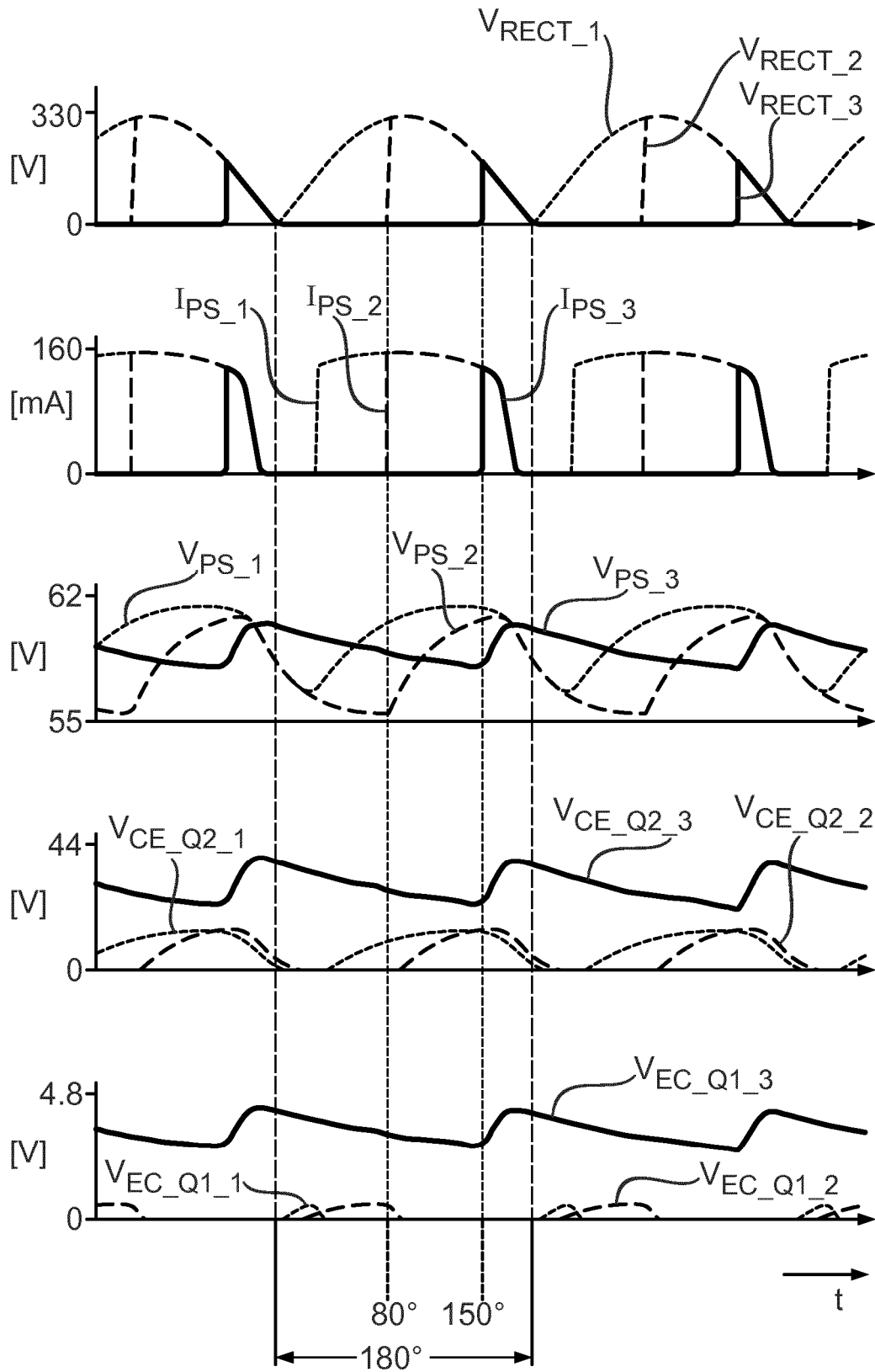


FIG. 9

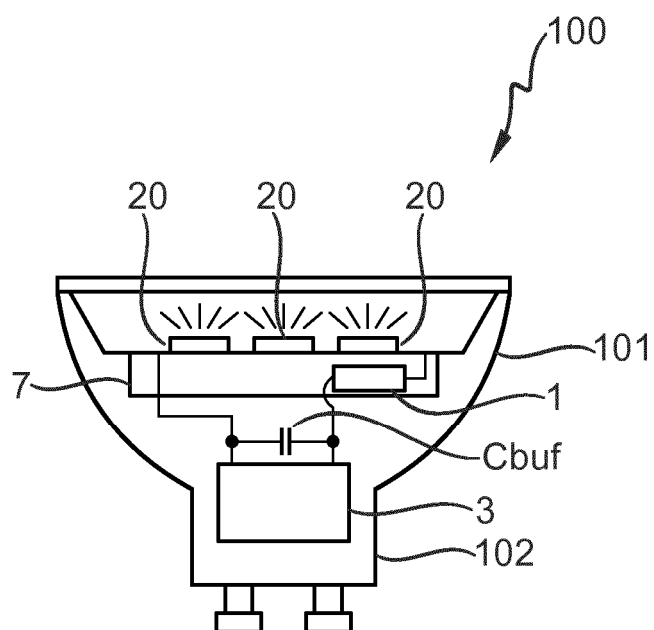


FIG. 10