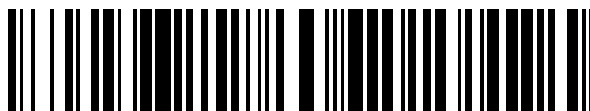


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 629**

51 Int. Cl.:

H05B 41/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.08.2010** **PCT/US2010/045467**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2011** **WO11020016**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2010** **E 10808822 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019** **EP 2465329**

54 Título: **Control por desplazamiento espectral para iluminación LED de CA regulable**

30 Prioridad:

14.08.2009 US 200961234094 P
14.08.2009 US 200961233829 P
24.05.2010 US 785498 P
27.06.2010 US 824215

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.05.2020

73 Titular/es:

SIGNIFY NORTH AMERICA CORPORATION
(100.0%)
200 Franklin Square Drive
Somerset, NJ 08873, US

72 Inventor/es:

GRAJCAR, ZDENKO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 763 629 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

Control por desplazamiento espectral para iluminación LED de CA regulable

5 CAMPO TÉCNICO

Diversas realizaciones se refieren en general a sistemas de iluminación que incluyen diodos emisores de luz (LED).

10 ANTECEDENTES

El factor de potencia es importante para las empresas de servicios públicos que suministran energía eléctrica a los clientes. Para dos cargas que requieren el mismo nivel de potencia real, la carga con el mejor factor de potencia realmente exige menos corriente de la empresa de servicios públicos. Una carga con un factor de potencia de 1,0 requiere la cantidad mínima de corriente de la empresa de servicios públicos. Las empresas de servicios públicos pueden ofrecer una tarifa reducida a los clientes con factores de carga de alta potencia.

Un factor de potencia deficiente puede deberse a una diferencia de fase entre tensión y corriente. El factor de potencia también puede degradarse por la distorsión y el contenido armónico de la corriente. En algunos casos, las formas de onda de corriente distorsionadas tienden a aumentar el contenido de energía armónica y reducir la energía a la frecuencia fundamental. Para una forma de onda de la tensión sinusoidal, solo la energía a la frecuencia fundamental puede transferir potencia real a una carga. Las formas de onda de corriente distorsionadas pueden resultar de cargas no lineales como las cargas de rectificadores. Las cargas de rectificadores pueden incluir, por ejemplo, diodos tales como los LED, por ejemplo.

Los LED son dispositivos ampliamente utilizados que pueden iluminarse cuando se les suministra corriente. Por ejemplo, un solo LED rojo puede proporcionar una indicación visible del estado operativo (por ejemplo, encendido o apagado) a un operador de equipo. Para mencionar otro ejemplo, los LED se pueden usar para visualizar información en algunos dispositivos basados en sistemas electrónicos, como las calculadoras de mano. Los LED también se han utilizado, por ejemplo, en sistemas de iluminación, comunicaciones de datos y controles motores.

Típicamente, un LED está formado como un diodo semiconductor que tiene un ánodo y un cátodo. En teoría, un diodo ideal solo conducirá corriente en una dirección. Cuando se aplica suficiente tensión de polarización directa entre el ánodo y el cátodo, la corriente convencional fluye a través del diodo. El flujo de corriente directa a través de un LED puede hacer que los fotones se recombinen con agujeros para liberar energía en forma de luz.

La luz emitida por algunos LED está en el espectro de longitud de onda visible. Mediante la selección adecuada de materiales semiconductores, se pueden construir LED individuales para emitir ciertos colores (por ejemplo, longitud de onda), como el rojo, el azul o el verde, por ejemplo.

En general, se puede crear un LED en una matriz semiconductor convencional. Un LED individual puede integrarse con otra circuitería en la misma matriz, o empaquetarse como un único componente discreto. Típicamente, el paquete que contiene el elemento semiconductor LED incluirá una ventana transparente para permitir que la luz escape del paquete.

El documento US 7 288 902 B1 desvela un dispositivo de iluminación que tiene fuentes de luz con múltiples temperaturas de color que permite variar una temperatura de color del dispositivo de iluminación en respuesta a los niveles de regulación cambiantes. Las fuentes de luz son fuentes de luz no incandescentes, como diodos emisores de luz y/o luces de descarga de gas. Un circuito regulador proporciona una señal de regulación que indica un nivel de regulación seleccionado. El dispositivo de iluminación incluye un controlador de fuente de luz y un controlador de excitación de fuente de luz que cooperan para variar las corrientes de excitación a las fuentes de luz en respuesta al nivel de regulación seleccionado. Al variar las corrientes de excitación en diferentes cantidades relativas, la temperatura de color del dispositivo de iluminación cambia en respuesta a los cambios de nivel de regulación. En al menos una realización, los cambios en la temperatura de color del dispositivo de iluminación en respuesta a los cambios de nivel de regulación simulan los cambios de temperatura de color de una fuente de luz incandescente.

El documento US 2009/0160370 A1 desvela un dispositivo emisor de luz de corriente alterna que incluye un módulo de diodo emisor de luz de CA y una unidad de modulación de forma de onda. El módulo de LED de CA incluye al menos dos conjuntos de microdiodos. La unidad de modulación de forma de onda acoplada entre el módulo de LED de CA y una fuente de tensión de CA modula una forma de onda de la fuente de tensión de CA.

Por lo tanto, según un aspecto, el problema está relacionado con la manera de proporcionar un motor de luz de estado sólido mejorado que tenga una baja complejidad del circuito.

RESUMEN

Este problema se resuelve con un motor de luz sólido que tiene las características divulgadas en la reivindicación 1.

Las realizaciones preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes. El aparato y los procedimientos asociados implican la operación de un motor de luz LED en el cual las intensidades relativas de las longitudes de onda seleccionadas se desplazan en función de la excitación eléctrica. En un ejemplo ilustrativo, la corriente puede desviarse de forma selectiva y automática sustancialmente fuera de al menos uno de entre un número de LED dispuestos en un circuito en serie hasta que la corriente o su tensión de excitación periódica asociada alcance un nivel umbral predeterminado. La corriente de derivación puede reducirse con suavidad en la transición a medida que la corriente de excitación o la tensión aumentan sustancialmente por encima del nivel umbral predeterminado. La temperatura de color de la salida de luz puede modificarse sustancialmente como una función predeterminada de la tensión de excitación. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden aumentar o disminuir sustancialmente la salida de la temperatura de color por un motor de luz de estado sólido en respuesta a regular la excitación de la tensión de CA (por ejemplo, por corte de fase o modulación de amplitud).

En diversos ejemplos, la desviación selectiva de la corriente dentro de la tira de LED puede extender el ángulo de conducción de corriente de entrada y, por lo tanto, mejorar sustancialmente el factor de potencia y/o reducir la distorsión armónica para los sistemas de iluminación LED de CA.

Diversas realizaciones pueden lograr una o más ventajas. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden reducir sustancialmente la distorsión armónica en la forma de onda de corriente de entrada de CA usando, por ejemplo, circuitería muy sencilla, de bajo coste y de baja potencia. En algunas realizaciones, la circuitería adicional para lograr una distorsión armónica sustancialmente reducida puede incluir un único transistor, o puede incluir además un segundo transistor y un elemento de detección de corriente. En algunos ejemplos, un sensor de corriente puede ser un elemento resistivo a través del cual fluye una porción de la corriente de un LED. En algunas realizaciones, se pueden lograr reducciones significativas de tamaño y coste de fabricación integrando la circuitería de mejora armónica en una matriz con uno o más LED controlados por una circuitería de mejora armónica. En ciertos ejemplos, la circuitería de mejora armónica puede integrarse con los LED controlados correspondientes en una matriz común sin aumentar el número de etapas del proceso necesarios para fabricar solo los LED. En diversas realizaciones, la distorsión armónica de la corriente de entrada de CA puede mejorarse sustancialmente para cargas de LED accionadas por CA, por ejemplo, usando rectificación de media onda o de onda completa. Algunas implementaciones pueden requerir tan solo dos transistores y tres resistencias para proporcionar una ruta de derivación controlada para acondicionar la corriente de entrada para mejorar la calidad de la potencia en un motor de luz LED de CA. Algunas implementaciones pueden proporcionar un aumento predeterminado, una disminución o una temperatura de color sustancialmente constante en un intervalo seleccionado de excitación de entrada.

Los detalles de diversas realizaciones se exponen en los dibujos adjuntos y la descripción a continuación. Otras características y ventajas serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y de las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 representa una representación esquemática de un ejemplo de circuito de LED de CA con los LED configurados como un rectificador de onda completa y una tira de LED configurados para recibir corriente unidireccional desde el rectificador.

Las figuras 2-5 representan curvas de rendimiento representativas y formas de onda del circuito de LED de CA de la figura 1.

Las figuras 6-9 representan algunas realizaciones ejemplares del sistema de iluminación de rectificador de onda completa con desviación selectiva de la corriente para una mejor calidad de potencia.

Las figuras 10-11 representan tiras de LED de CA configuradas para la rectificación de media onda sin desviación selectiva de la corriente.

Las figuras 12-13 representan un circuito de ejemplo con tiras de LED de CA configuradas para la rectificación de media onda con desviación selectiva de la corriente.

Las figuras 14-16 divulgan una topología LED de CA usando rectificadores convencionales (por ejemplo, no LED).

Las figuras 17-19 divulgan realizaciones ejemplares que ilustran la desviación selectiva de la corriente aplicada a la topología LED de CA de la figura 14.

La figura 20 muestra un diagrama de bloques de un aparato ejemplar para calibrar o probar mejoras del factor de potencia en realizaciones del aparato de iluminación.

La figura 21 muestra un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con un rendimiento de factor armónico y/o factor de potencia mejorado.

La figura 22 muestra un gráfico de la corriente de entrada normalizada en función de la tensión de excitación para el circuito de motor de luz de la figura 21.

La figura 23 representa las mediciones de osciloscopio de formas de onda de tensión y corriente para una realización del circuito de la figura 21.

La figura 24 representa las mediciones de calidad de potencia para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 23.

La figura 25 representa un perfil armónico para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 23.

La figura 26 muestra un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con un rendimiento de factor armónico y/o factor de potencia mejorado.

La figura 27 muestra un gráfico de la corriente de entrada normalizada en función de la tensión de excitación para el circuito de motor de luz de la figura 26.

La figura 28 representa las mediciones de osciloscopio de formas de onda de tensión y corriente para una realización del circuito de la figura 26.

La figura 29 representa las mediciones de calidad de potencia para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 28.

La figura 30 representa las mediciones de osciloscopio de formas de onda de tensión y corriente para otra realización del circuito de la figura 26.

La figura 31 representa las mediciones de calidad de potencia para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 30.

La figura 32 muestra las mediciones de osciloscopio de las formas de onda de tensión y corriente para la realización del circuito de la figura 26 como se describe con referencia a las figuras 27-29.

La figura 33 representa las mediciones de calidad de potencia para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 32.

La figura 34 representa componentes armónicos para las formas de onda de la figura 32.

La figura 35 representa un perfil armónico para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 32.

Las figuras 36-37 muestran una gráfica y datos para mediciones experimentales de salida de luz para un motor de luz como se describe con referencia a la figura 27.

La figura 38-43 muestra esquemas de circuitos ejemplares para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente para omitir uno o más grupos de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de un nivel predeterminado.

Las figuras 44-45 muestran gráficos con objeto de ilustrar una variación ejemplar de la temperatura de color compuesta en un intervalo de ajustes de control del regulador para una realización del motor de luz de la figura 9.

La figura 46 muestra un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente para omitir un grupo de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de un nivel predeterminado.

La figura 47 representa un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente que omite dos grupos de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de dos niveles predeterminados correspondientes.

Las figuras 48A-48C representan parámetros ejemplares de rendimiento eléctrico y de luz para el circuito de motor de luz de, por ejemplo, la figura 46.

Las figuras 49A-49C, 50A-50C y 51A-51C representan gráficos de rendimiento de tres motores de luz LED de CA ejemplares con circuitería de acondicionamiento de desviación selectiva de la corriente configurados para cambiar la temperatura de color en función de la tensión de excitación.

Los símbolos de referencia similares en los diversos dibujos indican elementos similares.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

Con objeto de facilitar la comprensión, este documento en general está organizado de la siguiente manera. En primer lugar, para ayudar a introducir el análisis de diversas realizaciones, se introduce un sistema de iluminación con una topología de rectificador de onda completa que usa los LED con referencia a las figuras 1-5. En segundo lugar, esa introducción conduce a una descripción con referencia a las figuras 6-9 de algunas realizaciones ejemplares del sistema de iluminación de rectificador de onda completa con desviación selectiva de la corriente para mejorar la capacidad del factor de potencia. En tercer lugar, con referencia a las figuras 10-13, la desviación selectiva de la corriente se describe en la aplicación de tiras de LED ejemplares configuradas para la rectificación de media onda. En cuarto lugar, con referencia a las figuras 14-19, el análisis se dirige a realizaciones ejemplares que ilustran la desviación selectiva de la corriente aplicada a tiras de LED que usan rectificadores convencionales (por ejemplo, no LED). En quinto lugar, y con referencia a la figura 20, este documento describe aparatos y procedimientos ejemplares útiles para calibrar o probar las mejoras en el factor de potencia en realizaciones del aparato de iluminación. En sexto lugar, esta divulgación resulta una revisión de datos experimentales y un análisis de dos topologías de motores de luz LED de CA. Una topología se revisa con referencia a las figuras 21-25. Una segunda topología se revisa en tres realizaciones diferentes (por ejemplo, tres selecciones de componentes diferentes) con referencia a las figuras 26-37. En séptimo lugar, el documento introduce un número de topologías diferentes, con referencia a las figuras 38-43, para el motor de luz LED de CA que incorpora una desviación selectiva de la corriente para acondicionar la forma de onda de la corriente de entrada.

En octavo lugar, esta divulgación explica, con referencia a las figuras restantes, ejemplos que ilustran cómo los motores de luz LED de CA pueden configurarse con desviación selectiva de la corriente, en diversas realizaciones tal como se describe en el presente documento, para proporcionar un cambio deseado de la temperatura de color en respuesta a la excitación de entrada (por ejemplo, regulación). Finalmente, el documento analiza realizaciones adicionales, aplicaciones ejemplares y aspectos relacionados con la calidad de potencia mejorada para aplicaciones de iluminación LED de CA.

La figura 1 representa una representación esquemática de un ejemplo de circuito de LED de CA con los LED configurados como un rectificador de onda completa y una tira de LED configurados para recibir corriente

unidireccional desde el rectificador. El LED de CA representado es un ejemplo de un circuito de LED autorrectificado.

Como se indica con las flechas, los LED rectificadores (representados en los cuatro lados) conducen la corriente solo en dos de los cuatro cuadrantes de CA (Q1, Q2, Q3, Q4). Los LED de carga (representados en diagonal dentro del rectificador) conducen la corriente en los cuatro cuadrantes. Por ejemplo, en Q1 y Q2 cuando la tensión es positiva y sube o baja respectivamente, la corriente se conduce a través de los LED rectificadores (+D1 a +Dn) y a través de los LED de carga ($\pm D1$ a $\pm Dn$). En Q3 y Q4 cuando la tensión es negativa y sube o baja respectivamente, la corriente se conduce a través de los LED rectificadores (-D1 a -Dn) y a través de los LED de carga ($\pm D1$ a $\pm Dn$). En cualquier caso (por ejemplo, Q1-Q2 o Q3-Q4), la tensión de entrada puede tener que alcanzar una tensión de ángulo de conducción predeterminada para que los LED empiecen a conducir corrientes significativas.

La figura 2 representa una tensión sinusoidal, con un período de excitación que abarca cuatro cuadrantes. Q1 abarca de 0 a 90 grados (eléctricos), Q2 abarca de 90 a 180 grados (eléctricos), Q3 abarca de 180 a 270 grados (eléctricos) y Q4 abarca de 270 a 360 (o 0) grados (eléctricos).

La figura 3 representa una curva característica ejemplar para un LED. En esta figura, la corriente se representa como sustancialmente insignificante por debajo de una tensión umbral de aproximadamente 2,8 voltios. Aunque representativa, esta característica particular es para un LED y puede ser diferente para otros LED adecuados y, por lo tanto, esta figura específica no pretende ser limitante. Esta característica puede variar en función de la temperatura.

La figura 4 representa una forma de onda de corriente ilustrativa para la tensión sinusoidal de la figura 2 aplicada al circuito de la figura 1. Para el medio ciclo positivo, el ángulo de conducción comienza a unos 30 grados, como se muestra, y se extiende a unos 150 grados eléctricos. Para el medio ciclo negativo, el ángulo de conducción se extiende desde aproximadamente 210 grados (eléctricos) hasta aproximadamente 330 grados (eléctricos). Cada medio ciclo se representa como corriente conductora durante aproximadamente solo 120 grados.

La figura 5 representa variaciones representativas en la forma de onda de corriente, por ejemplo, en diferentes configuraciones de circuito. Por ejemplo, se puede obtener un mayor ángulo de conducción (como se indica con la curva "a") reduciendo el número de LED en serie, lo que puede conllevar corrientes pico excesivas. En el ejemplo representado, se puede intentar la reducción armónica (como se indica con la curva "b") introduciendo una resistencia en serie adicional, lo que puede aumentar la disipación de potencia y/o reducir la salida de luz.

El procedimiento y el aparato descritos a continuación en el presente documento incluyen circuitería de desviación selectiva de la corriente, que puede aumentar ventajosamente el ángulo de conducción del LED de CA y/o mejorar el factor de potencia. Algunas implementaciones pueden disponerse ventajosamente además para mejorar sustancialmente el equilibrio de la carga de corriente entre los LED de carga.

La figura 6 representa una primera realización ejemplar del sistema de iluminación de rectificador de onda completa con desviación selectiva de la corriente para mejorar la capacidad del factor de potencia. En este ejemplo, hay un circuito de derivación adicional añadido a través de un grupo de LED de carga conectados en serie entre un nodo A y un nodo B. El circuito de derivación incluye un conmutador SW1 y un circuito de detección SC1. En funcionamiento, el circuito de derivación se activa cuando el SW1 se cierra para desviar la corriente alrededor de al menos algunos de los LED de carga. El conmutador SW1 es controlado por el circuito de detección SC1, que selecciona cuándo activar el circuito de derivación.

En algunas realizaciones, el SC1 funciona detectando la tensión de entrada. Por ejemplo, cuando la tensión de entrada detectada está por debajo de un valor umbral, el circuito de derivación puede activarse para avanzar la conducción de corriente en Q1 o Q3, y luego para mantener la conducción de corriente en Q2 o Q4.

En algunas realizaciones, el SC1 puede funcionar detectando una corriente. Por ejemplo, cuando la corriente del LED detectada está por debajo de un valor umbral, el circuito de derivación se activa para avanzar la conducción de corriente en Q1 o Q3, y luego para mantener la conducción de corriente en Q2 o Q4.

En algunas realizaciones, el SC1 funciona detectando una tensión derivada de la tensión rectificadora. Por ejemplo, la detección de la tensión puede realizarse usando un divisor resistivo. En algunas realizaciones, una tensión umbral puede determinarse mediante una resistencia de alto valor acoplada para conducir la corriente a través de un LED de un optoacoplador que controla el estado del SW1. En algunas realizaciones, el SW1 puede controlarse en base a un retardo de tiempo predeterminado relativo a un punto especificado en la forma de onda de la tensión (por ejemplo, cruce de cero o una cresta de tensión). En dichos casos, el tiempo puede determinarse para minimizar la distorsión armónica de la forma de onda de la corriente suministrada desde el suministro de CA al aparato de luz.

En un ejemplo ilustrativo, el conmutador de derivación SW1 puede estar dispuesto para activarse principalmente en respuesta a una señal de tensión que sobrepasa un umbral. La circuitería de detección de la tensión puede estar equipada para conmutar con una cantidad predeterminada de histéresis para controlar la oscilación de pequeña amplitud cerca del umbral predeterminado. Para aumentar y/o proporcionar una señal de control de retroceso (por ejemplo, en el caso de un fallo en la detección y control de la tensión), algunas realizaciones pueden incluir además

una corriente auxiliar y/o conmutación basada en temporización. Por ejemplo, si la corriente sobrepasa un valor umbral predeterminado y/o la temporización en el ciclo está por encima de un umbral predeterminado, y aún no se ha recibido ninguna señal del circuito de detección de la tensión, entonces el circuito de derivación puede activarse para continuar reduciendo la distorsión armónica.

En una realización ejemplar, el circuito SC1 puede configurarse para detectar la tensión de entrada TCA. La salida del SC1 es alta (verdadera) cuando la tensión de entrada está por debajo de un cierto o predeterminado valor VSET. El conmutador SW1 está cerrado (conductor) si SC1 es alto (verdadero). De manera similar, la salida del SC1 es baja (falso) cuando la tensión está por encima de un cierto o predeterminado valor VSET. El conmutador SW1 está abierto (no conductor) si SC1 es bajo (falso). VSET se establece en un valor que representa la tensión directa total del LED rectificador (+D1 a +Dn) a una corriente establecida.

En un ejemplo ilustrativo, una vez que se aplica la tensión al LED de CA al comienzo de un ciclo que empieza con Q1, la salida del circuito de detección SC1 será alta y el conmutador SW1 se activará (cerrado). La corriente se conduce solo a través de los LED rectificadores (+D1 a +Dn) y mediante la ruta del circuito de derivación a través del SW1. Después de que la tensión de entrada aumenta a VSET, la salida del circuito de detección SC1 baja (falso) y el conmutador SW1 efectuará la transición a un estado desactivado (abierto). En este punto, la corriente efectúa la transición para ser conducida a través de los LED rectificadores (+D1 a +Dn) y los LED de carga ($\pm D1$ a $\pm Dn$) hasta que el SW1 en el circuito de derivación sea sustancialmente no conductor. El circuito de detección SC1 funciona de manera similar tanto en los medios ciclos positivos como negativos en que puede controlar un estado de impedancia del SW1 en respuesta a un valor absoluto de VSET. Por consiguiente, se produce sustancialmente la misma operación en ambos medio ciclos (por ejemplo, Q1-Q2 o Q3-Q4), excepto que la corriente de carga fluirá a través de los LED rectificadores (-D1 a -Dn) durante el Q3-Q4.

La figura 7 representa formas de onda de corriente representativas con y sin uso de la ruta del circuito de derivación para realizar una desviación selectiva de la corriente para el circuito de la figura 6. Una forma de onda característica ejemplar para la corriente de entrada con la desviación selectiva de la corriente se muestra en las curvas (a) y (b). Una curva (c) representa una forma de onda característica ejemplar para la corriente de entrada con la desviación selectiva de la corriente desactivada (por ejemplo, alta impedancia en la ruta de derivación). Al omitir los LED de carga ($\pm D1$ a $\pm Dn$), se puede aumentar significativamente el ángulo de conducción. En la figura, se muestra un ángulo de conducción para la forma de onda de las curvas (a, b) que se extiende desde aproximadamente 10-15 grados (eléctricos) hasta aproximadamente 165-170 grados (eléctricos) en Q1, Q2 y aproximadamente 190-195 grados (eléctricos) a aproximadamente 345 - 350 grados (eléctricos) en Q3, Q4, respectivamente.

En otra realización ilustrativa, el SC1 puede funcionar en respuesta a una corriente detectada. En esta realización, el SC1 puede detectar la corriente que fluye a través de los LED rectificadores (+D1 a +Dn) o (-D1 a -Dn), respectivamente. La salida del SC1 es alta (verdadera) cuando la corriente directa está por debajo de un cierto valor predeterminado o preestablecido ISET. El conmutador SW1 está cerrado (conductor) si SC1 es alto (verdadero). De manera similar, la salida del SC1 es baja (falsa) cuando la corriente directa está por encima de un cierto o predeterminado valor ISET. El conmutador SW1 está abierto (no conductor) si SC1 es bajo (falso). ISET puede establecerse en un valor, por ejemplo, que representa la corriente a una tensión directa nominal de los LED rectificadores (+D1 a +Dn).

Ahora se describirá el funcionamiento del aparato ejemplar. Una vez que se aplica la tensión al LED de CA, la salida del circuito de detección SC1 será alta y el conmutador SW1 se activará (cerrado). La corriente se conduce solo a través de los LED rectificadores (+D1 a +Dn) y mediante la ruta del circuito de derivación a través del SW1. Después de que la corriente directa aumenta a un umbral de corriente ISET, la salida del circuito de detección SC1 baja (falso) y el conmutador SW1 efectuará la transición a un estado desactivado (abierto). En este punto, la corriente efectúa la transición para ser conducida a través de los LED rectificadores (+D1 a +Dn) y los LED de carga ($\pm D1$ a $\pm Dn$), a medida que el circuito de derivación efectúa la transición a un estado de alta impedancia. De manera similar, cuando la tensión de entrada es negativa, la corriente fluirá a través de los LED rectificadores (-D1 a -Dn).

Al introducir una desviación selectiva de la corriente para no pasar de forma selectiva por los LED de carga ($\pm D1$ a $\pm Dn$), se puede mejorar significativamente el ángulo de conducción.

La figura 8 muestra una realización ejemplar que hace funcionar el circuito de derivación en respuesta a un circuito de derivación que responde a una corriente de entrada suministrada por la fuente de excitación (TCA) a través de una resistencia en serie R3. Se introduce una resistencia R1 en un primer nodo en serie con la tira de LED de carga ($\pm D1$ a $\pm D18$). R1 está conectada en paralelo con una base y un emisor de un transistor de unión bipolar (BJT) T1, cuyo colector está conectado a una compuerta de un transistor de efecto de campo de canal N (FET) T2 y una resistencia de polarización R2. La resistencia R2 está conectada en su extremo opuesto a un segundo nodo en la tira de LED. El drenaje y la fuente del transistor T2 están acoplados al primer y segundo nodos de la tira de LED, respectivamente. En esta realización, el circuito de detección es autopolarizado y no hay necesidad de una fuente de alimentación externa.

En una implementación ejemplar, la resistencia R1 puede establecerse en un valor en el que la caída de tensión a

través de R1 alcanza aproximadamente 0,7 V en un umbral de corriente predeterminado, ISET. Por ejemplo, si ISET es de 15 mA, se puede estimar un valor aproximado para R1 a partir de $R = V/I = 0,7V / 0,015A \approx 46\Omega$. Una vez que se aplica tensión al LED de CA, una compuerta del transistor T2 puede polarizarse hacia delante y pasar a través de la resistencia R2, cuyo valor puede establecerse en varios cientos de k Ω . El conmutador T1 estará completamente cerrado (activado) después de que la tensión de entrada alcance aproximadamente 3V. Ahora la corriente fluye a través de los LED rectificadores (+D1 a +Dn), el conmutador T2 y la resistencia R1 (circuito de derivación). Una vez que la corriente directa alcanza aproximadamente ISET, el transistor T1 tenderá a reducir una tensión de fuente de compuerta para el transistor T2, lo que tenderá a aumentar la impedancia de la ruta de derivación. En esta condición, la corriente efectuará la transición del transistor T2 a los LED de carga ($\pm D1$ a $\pm Dn$) a medida que aumenta la amplitud de la corriente de entrada. Una situación similar se repetirá en un medio ciclo negativo, excepto que la corriente fluirá a través de los LED rectificadores (-D1 a -Dn).

Como se describe con respecto a diversas realizaciones, el equilibrio de carga puede reducir ventajosamente los ciclos de trabajo asimétricos o igualar sustancialmente los ciclos de trabajo entre los LED rectificadores y los LED de carga (por ejemplo, aquellos que transportan la corriente unidireccional en los cuatro cuadrantes). En algunos ejemplos, dicho equilibrio de carga puede reducir además de manera ventajosa sustancialmente el efecto de parpadeo que en general es más bajo en los LED con un ciclo de trabajo más alto.

Las realizaciones de circuito de derivación pueden incluir más de un circuito de derivación. Por ejemplo, se puede lograr una mejora adicional del factor de potencia cuando se usan dos o más circuitos de derivación para omitir los LED seleccionados.

La figura 9 muestra dos circuitos de derivación. SC1 y SC2 pueden tener umbrales diferentes y pueden ser eficaces para mejorar aún más la forma de onda de la corriente de entrada a fin de lograr ángulos de conducción aún más altos.

El número de circuitos de derivación para un circuito de LED de CA individual puede ser, por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 o más, tal como 15, aproximadamente 18, 20, 22, 24, 26, 28 o al menos 30, pero puede incluir igual número de permutaciones como sea posible para mejorar la calidad de la potencia. Se puede configurar un circuito de derivación para desviar la corriente fuera de un único LED, o un número cualquiera de LED conectados en serie, en paralelo o en serie/en paralelo como un grupo, en respuesta a las condiciones del circuito.

Los circuitos de derivación pueden aplicarse a los LED en los LED de carga, como se muestra en las realizaciones de ejemplo en las figuras 6, 8 y 10. En algunas implementaciones, se pueden aplicar uno o más circuitos de derivación para desviar de forma selectiva la corriente alrededor de uno o más LED en la etapa de rectificador de onda completa.

Como podemos ver en el ejemplo de la figura 8, el circuito de derivación autopolarizado se puede implementar con unos pocos componentes discretos. En algunas implementaciones, se puede fabricar un circuito de derivación en una única matriz con los LED. En algunas realizaciones, el circuito de derivación puede implementarse total o parcialmente usando componentes discretos, y/o integrarse con uno o más LED asociados con un grupo de LED omitidos o todo el circuito de LED de CA.

La figura 10 representa un ejemplo de aparato de iluminación LED de CA que incluye dos tiras de LED configuradas como un rectificador de media onda en el que cada tira de LED conduce e ilumina en medio ciclos alternos. En particular, un grupo positivo (+D1 a +Dn) conduce corriente en Q1 y Q2 y un grupo negativo (-D1 a -Dn) conduce corriente en Q3 y Q4. En cualquier caso (Q1-Q2 o Q3-Q4), la tensión de entrada de CA puede tener que alcanzar una tensión de excitación umbral correspondiente a un ángulo de conducción correspondiente a fin de que los LED empiecen a conducir corrientes significativas, como se ha analizado con referencia a la figura 4.

La figura 11 representa una forma de onda TCA de tensión de excitación sinusoidal típica para excitar el aparato de iluminación LED de CA de la figura 10. Esta forma de onda es sustancialmente similar a la descrita con referencia a la figura 2.

Algunos de los procedimientos y aparatos ejemplares descritos en el presente documento pueden mejorar significativamente un ángulo de conducción del LED de CA con al menos una polaridad de una tensión de excitación de polaridad alternante periódicamente (por ejemplo, CA sinusoidal, onda triangular, onda cuadrada). En algunas implementaciones, la tensión de excitación puede modificarse mediante modulación de fase inicial y/o posterior, modulación por ancho de pulso, por ejemplo. Algunos ejemplos pueden lograr mejoras de rendimiento ventajosas con corriente sustancialmente equilibrada a los LED de carga.

Como se muestra en la figura 12, el circuito de la figura 10 se modifica para incluir dos circuitos de derivación añadidos a través de al menos algunos de los LED de carga. Un primer circuito de derivación incluye un conmutador SW1 controlado por un circuito de detección SC1. Un segundo circuito de derivación incluye un conmutador SW2 controlado por un circuito de detección SC2. Cada circuito de derivación proporciona una ruta de derivación que puede activarse y desactivarse mediante el conmutador SW1 o SW2, respectivamente.

En un ejemplo ilustrativo, un motor de luz ejemplar puede incluir 39 LED en serie para la conducción durante los respectivos medio ciclos positivos y negativos. Debe entenderse que se puede usar cualquier combinación adecuada de los LED en serie y en paralelo. En diversas implementaciones, el número y la disposición de los LED seleccionados pueden ser una función de las especificaciones de tensión, corriente y salida de luz, por ejemplo. En algunas regiones, la tensión de línea rms (valor cuadrático medio) puede ser de aproximadamente 100 V, 120, 200, 220 o 240 voltios.

En una primera realización ilustrativa, los conmutadores de derivación se activan en respuesta a una tensión de entrada. El SC1 puede detectar una tensión de entrada. La salida del SC1 es alta (verdadera) cuando la tensión está por debajo de un cierto o predeterminado valor VSET. El SW1 está cerrado (conductor) si SC1 es alto (verdadero). De manera similar, la salida del SC1 es baja (falsa) cuando la tensión está por encima de un cierto valor o un umbral predeterminado VSET. El conmutador SW1 está abierto (no conductor) si SC1 es bajo (falso). VSET se establece, por ejemplo, en un valor que representa la tensión directa total, a una corriente establecida, de todos los LED fuera de los LED omitidos por el circuito de derivación.

Ahora se describirá el funcionamiento del aparato. Una vez que se aplica la tensión al LED de CA, la salida del circuito de detección SC1 será alta y el conmutador SW1 se activará (cerrado). La corriente se conduce solo a través de (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39) y a través del primer circuito de derivación. Después de que la tensión de entrada aumenta a VSET, la salida del circuito de detección SC1 baja (falso) y el conmutador SW1 se desactivará (abierto). En ese punto, la corriente efectúa la transición para ser conducida a través de todos los LED (+D1 a +D39), y el primer circuito de derivación efectúa la transición un estado de alta impedancia (por ejemplo, sustancialmente no conductor).

El mismo proceso se repetirá cuando la tensión de entrada sea negativa, excepto que la carga fluirá a través del grupo de LED negativos (-D1 a -D30) sustancialmente tal como se describe con referencia al grupo de LED positivos. El circuito de detección SC2 y el conmutador SW2 pueden activarse o desactivarse por consiguiente a medida que la tensión de entrada alcanza un valor negativo de VSET.

La figura 13 representa formas de onda de corriente representativas con y sin uso de la ruta del circuito de derivación para realizar una desviación selectiva de la corriente para el circuito de la figura 12. Una forma de onda característica ejemplar para la corriente de entrada con la desviación selectiva de la corriente se muestra en las curvas (a) y (b). Una curva (c) representa una forma de onda característica ejemplar para la corriente de entrada con la desviación selectiva de la corriente desactivada (por ejemplo, alta impedancia en las rutas de derivación). La tecnología de desviación selectiva de la corriente de este ejemplo puede aumentar significativamente un ángulo de conducción, sustancialmente tal como se describe con referencia a la figura 7. Al omitir los LED (+D10 a +D29) y (-D10 a -D29) respectivamente, el ángulo de conducción puede mejorarse significativamente.

En una segunda realización ilustrativa, los conmutadores de derivación SW1, SW2 pueden activarse en respuesta a señales de detección de tensión de entrada. El SC1, SC2 detecta la corriente que fluye a través de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39) respectivamente. La salida del SC1 es alta (verdadera) cuando la corriente directa está por debajo de un cierto valor o umbral predeterminado ISET. El conmutador SW1 está cerrado (conductor) si SC1 es alto (verdadero). De manera similar, la salida del SC1 es baja (falsa) cuando la corriente directa sobrepasa ISET. El conmutador SW1 puede efectuar la transición a un estado abierto (no conductor) mientras SC1 es bajo (falso). ISET puede, por ejemplo, establecerse en un valor que represente aproximadamente la corriente a la tensión directa nominal de la suma de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39).

Ahora se describirá el funcionamiento de un aparato ejemplar. Una vez que se aplica la tensión al LED de CA, la salida del circuito de detección SC1 será alta y el conmutador SW1 se activará (cerrado). La corriente se conduce solo a través de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39) y mediante el circuito de derivación. Después de que la corriente directa aumenta a ISET, la salida del circuito de detección SC1 baja (falso) y el conmutador SW1 se desactivará (abierto). En este punto, una corriente puede efectuar la transición para ser conducida a través de los LED (+D1 a +D39) y el SW1 en el primer circuito de derivación es sustancialmente no conductor. De manera similar, cuando la tensión de entrada disminuye y la corriente cae sustancialmente por debajo de ISET, entonces el conmutador SW1 se activará y al menos una porción de la corriente puede desviarse para que fluya a través del conmutador de derivación SW1 en lugar de los LED (+D10 a +D29).

Se producirá un proceso sustancialmente similar cuando la tensión de entrada sea negativa, excepto que la corriente de carga fluirá a través del grupo negativo de LED y/o el segundo circuito de derivación.

En algunas realizaciones, el equilibrio de carga puede reducir ventajosamente el efecto de parpadeo, si lo hay. Cuando corresponda, los efectos de parpadeo pueden reducirse en general aumentando el ciclo de trabajo y/o el ángulo de conducción de los LED.

El circuito de derivación operativa para acondicionar la corriente usando tecnología de desviación selectiva de la corriente no se limita a realizaciones con solo un circuito de derivación. Para una mejora adicional del factor de potencia, algunos ejemplos pueden incluir un mayor número de circuitos de derivación y disponer los LED en un número de subgrupos. Se describen realizaciones ejemplares con más de un circuito de derivación con referencia al menos a las figuras 9, 12, 20, 39 o 42-43, por ejemplo.

En algunas implementaciones, algunas realizaciones de circuito de derivación, tales como la circuitería de derivación ejemplar de la figura 8, se pueden fabricar en una única matriz con uno o más LED en un motor de luz LED de CA.

5 La figura 14 representa una topología LED de CA ejemplar que incluye un rectificador de diodos convencional que alimenta una tira de LED. Esta topología ejemplar incluye un puente rectificador completo y LED de carga (+D1 a +D39) como se muestra en la figura 14.

10 La figura 15 muestra una tensión sinusoidal después de ser procesada por un puente rectificador completo. La tensión a través de los LED (+D1 a +D39) es sustancialmente siempre unidireccional (por ejemplo, positivo) en polaridad.

La figura 16 ilustra una forma de onda de corriente que ilustra el funcionamiento del circuito de LED de CA de la figura 14. En particular, la tensión de entrada tiene que alcanzar una tensión de ángulo de conducción predeterminado a fin de que los LED empiecen a conducir corrientes más altas. Esta forma de onda es sustancialmente similar a la descrita con referencia a la figura 4.

15 Las figuras 17-19 divulgan realizaciones ejemplares que ilustran la desviación selectiva de la corriente aplicada a la topología LED de CA de la figura 14.

20 La figura 17 muestra un esquema de la topología LED de CA de la figura 14 que incluye además un circuito de derivación aplicado a una porción de los LED en la carga.

El procedimiento y el aparato descritos en el presente documento pueden mejorar significativamente un ángulo de conducción de un LED de CA. Como se muestra en la figura 17, hay un circuito de derivación ejemplar adicional añadido a través de los LED de carga. El circuito de derivación se activa y desactiva mediante el conmutador (SW1). El conmutador SW1 es controlado por el circuito de detección SC1.

En una primera realización ilustrativa, el SC1 controla el conmutador de derivación en respuesta a la tensión de entrada. SC1 puede detectar la tensión de entrada en un nodo A (véase la figura 17). La salida del SC1 es alta (verdadera) cuando la tensión está por debajo de un cierto o predeterminado valor VSET. El conmutador SW1 está cerrado (conductor) si SC1 es alto (verdadero). De manera similar, la salida del SC1 es baja (falso) cuando la tensión está por encima de un cierto o predeterminado valor VSET. El conmutador SW1 está abierto (no conductor) si SC1 es bajo (falso). En un ejemplo, VSET se establece en un valor que representa aproximadamente la suma total de tensión directa de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39) a una corriente establecida.

30 Una vez que se aplica la tensión al LED de CA, la salida del circuito de detección SC1 será alta y el conmutador SW1 se activará (cerrado). La corriente se conduce solo a través de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39) y mediante el circuito de derivación. Después de que la tensión de entrada aumenta a VSET, la salida del circuito de detección SC1 baja (falso) y el conmutador SW1 efectuará la transición a un estado desactivado (abierto). En esta condición, la corriente puede transferirse para ser conducida a través de los LED (+D1 a +D9) y (+D9 a +D29) y (+D30 a +D39). El circuito de derivación puede efectuar la transición para que sea sustancialmente no conductor. De manera similar, cuando la tensión de entrada disminuye en Q2 o Q4 bajo VSET, el conmutador SW1 se activará y el flujo de corriente no pasará por los LED (+D10 a +D29).

45 La figura 18 muestra efectos ejemplares en la corriente de entrada. Al omitir el grupo de LED (+D11 a +D29), el ángulo de conducción puede mejorarse significativamente.

En una segunda realización ilustrativa, el SC1 controla el conmutador de derivación en respuesta a la detección de corriente. SC1 detecta la corriente que fluye a través de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39) respectivamente. La salida del SC1 es alta (verdadera) cuando la corriente directa está por debajo de cierto o predeterminado valor ISET. El conmutador SW1 está cerrado (conductor) si SC1 es alto (verdadero). La salida del SC1 es baja (falsa) cuando la corriente directa está por encima de un cierto o predeterminado valor ISET. El conmutador SW1 está abierto (no conductor) si SC1 es bajo (falso). ISET se establece en un valor que representa la corriente a una tensión directa nominal de la suma de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39).

55 Una vez que se aplica la tensión al LED de CA, la salida del circuito de detección SC1 será alta y el conmutador SW1 se activará (cerrado). La corriente se conduce solo a través de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39) y mediante el circuito de derivación. Después de que la corriente directa aumenta a ISET, la salida del circuito de detección SC1 baja (falso) y el conmutador SW1 se desactivará (abierto). La corriente ahora es conducida a través de los LED (+D1 a +D9) y (+D30 a +D39) y los LED (+D10 a +D29). El circuito de derivación no es conductor. De manera similar, cuando la corriente cae por debajo de ISET en Q2 o Q4, el conmutador SW1 se activará y el flujo de corriente no pasará por los LED (+D10 a +D29).

65 Diversas realizaciones pueden proporcionar ventajosamente, para un motor de luz LED de CA rectificado de onda completa, una reducción en el efecto de parpadeo que en general puede ser menor para los LED operados con un ciclo de trabajo más alto.

Algunas realizaciones pueden incluir más de un circuito de derivación dispuesto para desviar la corriente alrededor de un grupo de LED. Para una mejora adicional del factor de potencia, por ejemplo, se pueden emplear dos o más circuitos de derivación. En algunos ejemplos, dos o más circuitos de derivación pueden estar dispuestos para dividir un grupo de LED anulados en subgrupos. En algunos otros ejemplos, una realización de motor de luz puede incluir al menos dos circuitos de derivación dispuestos para desviar de forma selectiva la corriente alrededor de dos grupos separados de LED (véase, por ejemplo, las figuras 9, 26). La figura 12 muestra un ejemplo de motor de luz que incluye dos circuitos de derivación. Se describen realizaciones adicionales de circuitos de motor de luz con más de una ruta de derivación, al menos con referencia a las figuras 42-43, por ejemplo.

La figura 19 muestra una implementación ejemplar de un circuito de derivación para un motor de luz LED. Un circuito de derivación 1900 que omite de forma selectiva un grupo de LED incluye un transistor T2 (por ejemplo, MOSFET de canal n) conectado en paralelo con los LED a omitir. Una compuerta del transistor T2 está controlada por una resistencia de polarización R2 y un transistor de unión bipolar T1. El transistor T1 responde a una tensión a través de la resistencia de detección R1, que transporta la suma de las corrientes instantáneas a través del transistor T2 y los LED. Como las condiciones instantáneas de tensión y corriente del circuito aplicadas al circuito de derivación varían de forma suave y continua, la división de corriente de entrada entre el transistor T2 y los LED variará de forma suave y continua correspondiente, como se describirá más en detalle con referencia, por ejemplo, a la figura 32.

Diversas realizaciones pueden operar un motor de luz modulando la impedancia del transistor T2 a un múltiplo integral (por ejemplo, 1, 2, 3) de la frecuencia de línea (por ejemplo, aproximadamente 50 o 60 Hz). La modulación de la impedancia puede implicar operar el transistor T2 en la ruta de derivación de forma lineal (por ejemplo, continua o analógica) ejercitando sus regiones saturadas, lineales y de corte, por ejemplo, en los intervalos correspondientes de las condiciones del circuito (por ejemplo, tensión, corriente).

En algunos ejemplos, el modo de funcionamiento del transistor puede ser una función del nivel de corriente de entrada instantánea. Se describirán ejemplos de dicha función con referencia a al menos las figuras 22, 27 o 32, por ejemplo.

La figura 20 muestra un diagrama de bloques de un aparato ejemplar para calibrar o probar mejoras del factor de potencia en realizaciones del aparato de iluminación. El aparato proporciona capacidades para probar el contenido armónico de la corriente, medir el factor de potencia para un gran número de configuraciones de conmutadores de derivación a umbrales de tensión o corriente controlados de forma de forma independiente. De esta manera, un procedimiento de prueba automatizado, por ejemplo, puede determinar rápidamente una configuración óptima para uno o más conmutadores de derivación para cualquier aparato de iluminación. La configuración óptima resultante puede almacenarse en una base de datos y/o descargarse a un dispositivo de almacenamiento de datos asociado con el aparato de iluminación bajo prueba.

El aparato 2000 representado incluye un rectificador 2005 (que puede incluir LED, diodos o ambos) en serie con una carga que incluye un módulo auxiliar de componentes y una tira de LED para iluminación. El aparato incluye además una matriz de conmutadores analógicos 2010 que puede conectar cualquier nodo en la tira de diodos a los terminales de cualquiera de diversos conmutadores de derivación. En algunos ejemplos, se puede usar un utillaje de sujeción de prueba para hacer contacto con los nodos del aparato de iluminación bajo prueba. El aparato incluye además un sensor de luz 2020, que puede configurarse para monitorizar la intensidad y/o la temperatura de color emitida por el aparato de iluminación. El aparato incluye además un controlador 2025 que recibe datos del factor de potencia (por ejemplo, distorsión armónica) de un analizador de potencia 2030, e información del sensor de luz 2020, y está programado para generar comandos de control para configurar los conmutadores de derivación.

En funcionamiento, el controlador envía un comando para conectar los nodos seleccionados del aparato de iluminación a uno o más de los conmutadores de derivación. En un entorno de prueba, los conmutadores de derivación pueden implementarse como relés, interruptores de láminas, IGBT u otro elemento conmutador controlable. La matriz de conmutadores analógicos 2010 proporciona conexiones flexibles desde los nodos disponibles de la tira de LED a un número de conmutadores de derivación disponibles. El controlador también establece las condiciones de umbral en las que cada uno de los conmutadores de derivación puede abrirse o cerrarse.

El controlador 2025 puede acceder a un programa 2040 de instrucciones ejecutables que, cuando se ejecutan, hacen que el controlador opere un número de conmutadores de derivación para proporcionar un número de combinaciones de disposiciones de conmutadores de derivación. En algunas realizaciones, el controlador 2025 puede ejecutar el programa de instrucciones para recibir un nivel de tensión umbral predeterminada en asociación con cualquiera o todos los conmutadores de derivación.

Por ejemplo, el controlador 2025 puede funcionar para hacer que uno de los conmutadores de derivación seleccionados efectúe una transición entre un estado de baja impedancia y un estado de impedancia dinámica. En algunos ejemplos, el controlador 2025 puede provocar una transición cuando una tensión de excitación aplicada cruza una tensión umbral predeterminada. En algunos ejemplos, el controlador 2025 puede provocar una transición cuando una corriente de entrada cruza una corriente umbral predeterminada y/o cumple una o más condiciones basadas en el tiempo.

Mediante la evaluación empírica del rendimiento del circuito bajo diversos intervalos de parámetros, algunas implementaciones pueden identificar configuraciones que cumplan con un conjunto de especificaciones prescritas. A modo de ejemplo y no de limitación, las especificaciones pueden incluir factor de potencia, distorsión armónica total, eficacia, intensidad de luz y/o temperatura de color.

Para cada configuración que cumpla con los criterios especificados, se pueden determinar uno o más valores de coste (por ejemplo, en base al coste de los componentes, coste de fabricación). Como ejemplo ilustrativo, se puede identificar una configuración de salida óptima o de menor coste en una configuración que incluye dos rutas de derivación, un conjunto de LED que serán omitidos por cada circuito de derivación y dos circuitos de derivación. Cada ruta puede caracterizarse con una característica de impedancia especificada en cada circuito de derivación.

Los resultados experimentales se describen con referencia a las figuras 21-37. Se recopilaron mediciones experimentales para un número de realizaciones ilustrativas que incluían una desviación selectiva de la corriente para acondicionar la corriente en un motor de luz LED. En cada medición, la tensión de excitación aplicada se estableció en una fuente de tensión sinusoidal de 60 Hz a 120 Vrms (a menos que se indique lo contrario) usando una fuente de alimentación/analizador de CA Agilent 6812B. Los gráficos de forma de onda y los parámetros de calidad de potencia calculados para la tensión y la corriente de excitación de entrada se capturaron usando un osciloscopio de fósforo digital Tektronix DP03014 con un módulo DP03PWR. La amplitud, la forma de onda y la frecuencia de la tensión de excitación experimental son ejemplares y no deben entenderse como necesariamente limitantes.

La figura 21 muestra un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con un rendimiento de factor armónico y/o factor de potencia mejorado. En el ejemplo representado, un circuito de motor de luz 2100 incluye un rectificador de onda completa 2105 que recibe excitación eléctrica de una fuente de tensión periódica 2110. El rectificador 2105 suministra corriente de salida sustancialmente unidireccional a un circuito de carga. El circuito de carga incluye una resistencia limitadora de corriente R_{in} , una resistencia de detección de corriente $R_{detección}$, un conmutador de derivación 2115 conectado a una red de cinco grupos de LED (grupo de LED 1- grupo de LED 5).

El grupo de LED 1 y grupo de LED 2 son dos redes LED conectadas en una primera red en paralelo. Del mismo modo, el grupo de LED 4 y el grupo de LED 5 son dos redes LED conectadas en una segunda red en paralelo. El grupo de LED 3 es una red LED conectada en serie con y entre las redes en paralelo primera y segunda. El conmutador de derivación 2115 está conectado en paralelo con el grupo de LED 3. No se muestra un circuito de control para hacer funcionar el conmutador de derivación, pero se describirán realizaciones adecuadas más en detalle, por ejemplo, con referencia al menos a las figuras 6-8, 19 o 26-27.

En funcionamiento, el conmutador de derivación 2115 está en un estado de baja impedancia al comienzo y al final de cada período, mientras que la corriente de excitación de entrada de CA está por debajo de un umbral predeterminado. Mientras el conmutador de derivación 2115 está en el estado de baja impedancia, la corriente de entrada que fluye a través de los grupos de LED 1, 2 se desvía a lo largo de una ruta a través del conmutador de derivación 2115 que está en paralelo al tercer grupo de LED. Por consiguiente, la luz emitida por el motor de luz 2100, mientras la excitación de entrada de CA 2110 está por debajo del umbral predeterminado, es proporcionada sustancialmente solo por los grupos de LED 1, 2, 4, 5. Acoplando el conmutador de derivación 2115 para desviar la corriente alrededor del grupo de LED 3 a bajos niveles de excitación puede reducir eficazmente la tensión umbral directa necesaria para comenzar a atraer la corriente de entrada. Por consiguiente, esto aumenta sustancialmente el ángulo de conducción en relación con el mismo circuito sin el conmutador de derivación 2115.

El conmutador de derivación puede presentar una transición sustancialmente lineal a un estado de alta impedancia a medida que la corriente de excitación de entrada de CA sube por encima del umbral predeterminado (por ejemplo, la tensión umbral directa del grupo de LED 3). A medida que el conmutador de derivación 2115 efectúa la transición al estado de alta impedancia, la corriente de entrada que fluye a través del primer y segundo grupo de LED también comienza a efectuar la transición desde fluir a través del conmutador de derivación 2115 a fluir a través del grupo de LED 3. Por consiguiente, la luz emitida por el motor de luz mientras la excitación de entrada de CA está por encima del umbral predeterminado es sustancialmente una combinación de luz proporcionada por los grupos de LED 1-5.

En un ejemplo ilustrativo para aplicaciones de 120 Vrms, los grupos de LED 1, 2, 4 y 5 pueden incluir cada uno aproximadamente 16 LED en serie. El grupo de LED 3 puede incluir aproximadamente 23 LED en serie. Los grupos de LED 1, 2, 4 y 5 pueden incluir LED que emiten una primera salida de color, y el grupo de LED 3 puede incluir LED que emiten al menos una segunda salida de color cuando son accionados por una corriente sustancial. En diversos ejemplos, el número, color y/o tipo de LED puede ser diferente en y entre los diversos grupos de LED.

A modo de ejemplo ilustrativo y no de limitación, el primer color puede ser sustancialmente un color cálido (por ejemplo, azul o verde) con una temperatura de color de aproximadamente 2700-3000 K. El segundo color puede ser sustancialmente un color frío (por ejemplo, blanco) con una temperatura de color de aproximadamente 5000-6000 K. Algunas realizaciones pueden efectuar ventajosamente una transición con suavidad de un dispositivo de iluminación ejemplar que tiene un color de salida de un color frío (segundo) a un color cálido (primero) a medida que la excitación de CA suministrada al motor de luz se reduce, por ejemplo, bajando una posición del elemento de entrada de usuario

en el control del regulador. Se describen ejemplos de circuitos para proporcionar un cambio de color, por ejemplo, con referencia a las figuras 20A-20C en la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos número de serie 61/234,094, titulada "Color Temperature Shift Control for Dimmable AC LED Lighting [Control de cambio de la temperatura de color para iluminación LED de CA regulable]", presentada por Grajcar el 8/14/2009, cuyo contenido completo se incorpora por referencia.

En un ejemplo, los grupos de LED 1, 2, 4, 5 pueden incluir cada uno aproximadamente ocho, nueve o diez LED en serie, y el grupo de LED 3 puede incluir aproximadamente 23, 22, 21 o 20 LED, respectivamente. Se pueden disponer diversas realizaciones con la resistencia apropiada y un número de diodos conectados en serie para proporcionar, por ejemplo, una iluminación de salida deseada usando una corriente de pico aceptable (por ejemplo, a una excitación pico de la tensión de entrada de CA).

Los LED en los grupos de LED 1-3 pueden implementarse como un paquete o en un único módulo, o dispuestos como paquetes individuales o grupos de LED múltiples. Los LED individuales pueden emitir el mismo espectro de color en algunos ejemplos. En otros ejemplos, uno o más de los LED pueden emitir colores sustancialmente diferentes que los LED restantes.

En algunas realizaciones, una disposición en paralelo de los grupos de LED 1, 2, 4, 5 puede reducir de manera ventajosa sustancialmente un desequilibrio con respecto al envejecimiento del grupo de LED 3 en relación con el envejecimiento de los grupos de LED 1, 2, 4, 5. Dicho desequilibrio puede surgir, por ejemplo, en los casos en que el ángulo de conducción de la corriente a través de los LED omitidos puede ser sustancialmente menor que el ángulo de conducción de la corriente a través del primer y segundo grupos de LED. Los grupos de LED 1, 2, 4, 5 conducen la corriente sustancialmente siempre que fluye la corriente de entrada de excitación de CA. Por el contrario, el grupo de LED 3 solo conduce corriente directa cuando el conmutador de derivación 2115 no desvía al menos una porción de la corriente de entrada a través de una ruta que está en paralelo con el grupo de LED 3.

El puente rectificador 2105 se representa como un puente completo para rectificar la excitación de CA de fase única suministrada desde la fuente de tensión 2110. En esta configuración, el puente rectificador 2105 rectifica los medios ciclos positivos y negativos de la excitación de entrada de CA para producir una forma de onda de tensión unidireccional con una frecuencia fundamental que es dos veces la frecuencia de excitación de la línea de entrada. Por consiguiente, algunas implementaciones pueden reducir el parpadeo perceptible, si lo hay, al aumentar la frecuencia con la que el LED emite pulsos de iluminación. En algunas otras realizaciones, se puede usar la rectificación de media o completa onda. En algunos ejemplos, la rectificación puede operar desde más de una fuente de fase única, tal como una fuente de fase 3, 4, 5, 6, 9, 12, 15 o más.

Las figuras 22-25 representan los resultados experimentales recopilados mediante el funcionamiento de un circuito de motor de luz LED ejemplar sustancialmente como se muestra y se describe con referencia a la figura 21. En los experimentos, los LED fueron el modelo CL-L233-MC13L1, disponible comercialmente, por ejemplo, de Citizen Electronics Co., Ltd. de Japón. Los grupos de LED 1, 2, 4, 5 probados incluyeron ocho diodos en una tira en serie, y el grupo de LED 3 incluyó veintitrés diodos en una tira en serie. Los valores de los componentes probados se especificaron como Rin a 500 ohmios y Rdetección a 23,2 ohmios.

La figura 22 muestra un gráfico de la corriente de entrada normalizada en función de la tensión de excitación para el circuito de motor de luz de la figura 21. Como se muestra, un gráfico 2200 incluye una gráfica 2205 para la corriente de entrada con desviación selectiva de la corriente para acondicionar la corriente, y una gráfica 2210 para la corriente de entrada con desviación selectiva de la corriente desactivada. La gráfica 2210 se puede referir en el presente documento como asociada con el acondicionamiento resistivo.

Los datos experimentales muestran que, para una corriente de pico similar, la tensión umbral directa eficaz en la que comienza la conducción sustancial, se redujo de aproximadamente 85 V (acondicionamiento resistivo) en el punto 2215 a aproximadamente 40 V (desviación selectiva de la corriente) en un punto 2220. Esto representa una reducción en la tensión umbral de más del 50 %.

Cuando se aplica tanto a los cuadrantes ascendentes como descendentes de cada ciclo, esto corresponde a una expansión sustancial del ángulo de conducción.

La gráfica 2205 muestra un primer punto de inflexión 2220 que, en algunos ejemplos, puede ser una función de los grupos de LED 1, 2, 4, 5. En particular, la tensión en el punto de inflexión 2220 puede determinarse basándose en la tensión umbral directa de los grupos de LED 1, 2, 4, 5, y puede ser además una función de la tensión umbral directa de las bifurcaciones operativas del puente rectificador 2105.

La gráfica 2205 incluye además un segundo punto de inflexión 2225. En algunos ejemplos, el segundo punto de inflexión 2225 puede corresponder a un umbral de corriente asociado con el circuito de control de derivación. En diversas realizaciones, el umbral de corriente puede determinarse basándose, por ejemplo, en la corriente de entrada.

Una pendiente 2230 de la gráfica 2205 entre los puntos 2220, 2225 indica, en su recíproco, que el circuito de motor

de luz 2100 con desviación selectiva de la corriente presenta una impedancia en este intervalo que es sustancialmente menor que cualquier impedancia presentada por la gráfica 2210. En algunas implementaciones, este efecto de impedancia reducida puede fomentar ventajosamente una salida de luz mejorada al elevar la corriente de forma relativamente rápida a tensiones de excitación bajas, donde la corriente de LED es aproximadamente proporcional a la salida de luz.

La gráfica 2205 incluye además un tercer punto de inflexión 2240. En algunos ejemplos, el punto 2240 puede corresponder a un umbral por encima del cual la corriente a través de la ruta del conmutador de derivación es sustancialmente casi cero. Por debajo del punto 2240, el conmutador de derivación 2115 deriva al menos una porción de la corriente de entrada alrededor del grupo de LED 3.

Una pendiente variable que se muestra en un intervalo 2250 del gráfico 2205 entre los puntos 2225, 2240 indica, en su recíproco, que el conmutador de derivación presenta en este intervalo una impedancia que aumenta de forma suave y continua en respuesta al aumento de la tensión de excitación. En algunas implementaciones, este efecto de impedancia dinámica puede fomentar ventajosamente una transición suave y sustancialmente lineal (por ejemplo, baja distorsión armónica) desde la corriente que fluye sustancialmente solo a través del conmutador de derivación 2115 hasta que fluye sustancialmente solo en el grupo de LED 3.

La figura 23 representa las mediciones de osciloscopio de formas de onda de tensión y corriente para una realización del circuito de la figura 21. Una gráfica 2300 representa una forma de onda de la tensión sinusoidal 2305 y una forma de onda de corriente 2310. La forma de onda actual 2310 presenta una forma de cabeza y hombros.

En este ejemplo, un hombro 2315 corresponde a la corriente que fluye a través del conmutador de derivación dentro de un intervalo de niveles de excitación de entrada de CA más bajos. En un segundo intervalo intermedio de niveles de excitación de entrada de CA, aumenta la impedancia de la corriente de derivación. A medida que la tensión de excitación continúa aumentando de forma sustancialmente suave y continua dentro de un tercer intervalo que se superpone con el segundo intervalo, una tensión a través del conmutador de derivación aumenta por encima de una tensión umbral directa eficaz del grupo de LED 3, y la corriente de entrada efectúa la transición de forma sustancialmente suave y continua desde fluir en el conmutador de derivación 2115 hasta fluir a través del grupo de LED 3. En los niveles de excitación de entrada de CA más altos, la corriente fluye sustancialmente solo a través del grupo de LED 3 en lugar del conmutador de derivación 2115.

En algunas realizaciones, el primer intervalo puede tener un límite inferior que es función de una tensión umbral directa eficaz de la red formada por los grupos de LED 1, 2, 4, 5. En algunas realizaciones, el segundo intervalo puede tener un límite inferior definido por una tensión umbral predeterminada. En algunos ejemplos, el límite inferior del segundo intervalo puede corresponder sustancialmente a una corriente umbral predeterminada. En algunas realizaciones, la corriente umbral predeterminada puede ser función de una temperatura de la unión (por ejemplo, una tensión umbral directa de la unión base-emisor). En algunas realizaciones, un límite inferior del tercer intervalo puede ser una función de una tensión umbral directa eficaz del grupo de LED 3. En algunas realizaciones, un límite superior del tercer intervalo puede corresponder a la corriente de entrada que fluye sustancialmente principalmente (por ejemplo, al menos aproximadamente el 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, o al menos aproximadamente el 99,5 % de la corriente de entrada instantánea a la carga) a través del grupo de LED 3. En algunos ejemplos, el límite superior del tercer intervalo puede ser una función del flujo de corriente a través del conmutador de derivación 2115 que es sustancialmente casi cero (por ejemplo, menos de 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, o menos de aproximadamente el 10 % de la corriente de entrada instantánea a la carga).

La figura 24 representa las mediciones de calidad de potencia para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 23. En particular, las mediciones indican que el factor de potencia se midió en aproximadamente 0,987 (por ejemplo, 98,7 %).

La figura 25 representa un perfil armónico para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 23. En particular, la distorsión armónica total medida se midió en aproximadamente el 16,1 %.

Por consiguiente, las realizaciones de un motor de luz LED con circuitería de desviación selectiva pueden operar ventajosamente con un factor de potencia sustancialmente superior al 90 %, 92,5 %, 95 %, 97,5 %, o al menos superior al 98 %, por ejemplo, y simultáneamente alcanzar un THD sustancialmente por debajo del 25 %, 22,5 %, 20 % o alrededor del 18 %, por ejemplo, a la tensión de excitación nominal. Algunas realizaciones del motor de luz LED de CA pueden además regularse de forma sustancialmente suave y continua en un intervalo completo (por ejemplo, 0-100 %) de la tensión de excitación aplicada bajo modulación de amplitud y/o modulación por control de fase.

La figura 26 muestra un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con un rendimiento de factor armónico y/o factor de potencia mejorado. Diversas realizaciones pueden proporcionar ventajosamente un factor de potencia mejorado y/o una distorsión armónica reducida para una salida de iluminación de pico dada desde los LED.

El circuito de motor de luz 2600 incluye un puente rectificador 2605 y dos grupos de LED conectados en paralelo: El

grupo de LED 1 y el grupo de LED 2, cada uno con múltiples LED, y cada uno conectado entre un nodo A y un nodo C. El circuito 2600 incluye además un LED

El grupo 3 conectado entre el nodo C y un nodo B. En funcionamiento, cada uno de los grupos de LED 1, 2, 3 puede tener una tensión directa eficaz que es una fracción sustancial de la tensión de excitación pico aplicada. Su tensión directa combinada en combinación con un elemento limitador de corriente puede controlar la corriente directa pico. El elemento limitador de corriente se representa como una resistencia R1. En algunas realizaciones, el elemento limitador de corriente puede incluir, por ejemplo, uno o más elementos en una combinación, los elementos que se seleccionan entre una resistencia fija, un semiconductor controlado por corriente y una resistencia sensible a la temperatura.

El circuito de motor de luz 2600 incluye además un circuito de derivación 2610 que funciona para reducir la tensión de encendido directa eficaz del circuito 2600. En diversas realizaciones, el circuito de derivación 2610 puede contribuir a expandir el ángulo de conducción a bajos niveles de excitación de entrada de CA, lo que puede tender a beneficiar el factor de potencia y/o el factor armónico, por ejemplo, construyendo una forma de onda de corriente más sinusoidal.

El circuito de derivación 2610 incluye un transistor de derivación Q1 (por ejemplo, transistor de efecto de campo (FET) de semiconductor de óxido de metal (MOS), IGBT (transistor bipolar de compuerta aislada), transistor de unión bipolar (BJT), o similar) con su canal conectado para desviar la corriente desde el nodo C y alrededor del grupo de LED 3 y la resistencia en serie R1. La conductividad del canal es modulada por un terminal de control (por ejemplo, compuerta del MOSFET). La compuerta del MOSFET de canal n Q1 se eleva en tensión a través de una resistencia R2 hasta el nodo C. En algunas otras realizaciones, la resistencia se puede elevar hasta el nodo A. La tensión de compuerta se puede reducir mediante un transistor reductor Q2 (por ejemplo, MOSFET, IGBT, unión FET (JFET), transistor de unión bipolar (BJT) o similar) a una tensión cercana a la tensión de la fuente del transistor Q1. En el ejemplo representado, un colector del transistor Q2 (transistor de unión bipolar NPN (BJT)) está configurado para regular la tensión de compuerta en respuesta a una corriente de carga que establece una tensión base-emisor para el transistor Q2. Una resistencia de detección R3 está conectada a través de la base-emisor del transistor Q2. En diversas realizaciones, la tensión en la compuerta del transistor Q1 puede variar de forma sustancialmente suave y continua en respuesta a las variaciones suaves y continuas correspondientes en la magnitud de la corriente de entrada.

Las figuras 27-29 y 36-37 representan los resultados experimentales recopilados mediante el funcionamiento de un circuito de motor de luz LED ejemplar sustancialmente como se muestra y se describe con referencia a la figura 26. En los experimentos, los grupos de LED 1,2 fueron el modelo EHP_A21_GT46H (blanco), disponible comercialmente, por ejemplo, de Everlight Electronics Co., LTD. de Taiwán El grupo de LED 3 incluyó el modelo EHP_A21_UB 01H (azul), también disponible comercialmente, por ejemplo, de Everlight Electronics Co., LTD. de Taiwán Los grupos de LED 1, 2 probados incluyeron veinticuatro diodos en una tira en serie, y el grupo de LED 3 incluyó veintidós diodos en una tira en serie. Los valores de los componentes probados se especificaron como R1 a 13,4 ohmios, R2 a 4,2 ohmios y R3 a 806 Kiloohmios.

La figura 27 muestra un gráfico de la corriente de entrada normalizada en función de la tensión de excitación para el circuito de motor de luz de la figura 26. Como se muestra, un gráfico 2700 incluye una gráfica 2705 para la corriente de entrada con desviación selectiva de la corriente para acondicionar la corriente, y una gráfica 2710 para la corriente de entrada con desviación selectiva de la corriente desactivada. La gráfica 2710 se puede referir en el presente documento como asociada con el acondicionamiento resistivo.

Los datos experimentales muestran que, para una corriente de pico similar, la tensión umbral directa eficaz en la que comienza la conducción sustancial se redujo de aproximadamente 85 V (acondicionamiento resistivo) en el punto 2715 a aproximadamente 45 V (desviación selectiva de corriente) en un punto 2720. Esto representa una reducción en la tensión umbral de aproximadamente el 45 %. Cuando se aplica tanto a los cuadrantes ascendentes como descendentes de cada ciclo sinusoidal rectificado, esto corresponde a una expansión sustancial del ángulo de conducción.

La gráfica 2705 muestra el primer punto de inflexión 2720 que, en algunos ejemplos, puede ser una función de los grupos de LED 1, 2. En particular, la tensión en el punto de inflexión 2720 puede determinarse basándose en la tensión umbral directa de los grupos de LED 1, 2, y puede ser además una función de la tensión umbral directa de las bifurcaciones operativas del rectificador de puente 2605.

La gráfica 2705 incluye además un segundo punto de inflexión 2725. En algunos ejemplos, el segundo punto de inflexión 2725 puede corresponder a un umbral de corriente asociado con el circuito de derivación 2610. En diversas realizaciones, el umbral de corriente puede determinarse basándose, por ejemplo, en la corriente de entrada, la tensión de unión base-emisor, la temperatura, la ganancia de corriente y/o las características de transferencia para el transistor Q1.

Una pendiente 2730 de la gráfica 2705 entre los puntos 2720, 2725 indica, en su recíproco, que el circuito de motor de luz 2600 con desviación selectiva de la corriente presenta una impedancia en este intervalo que es sustancialmente menor que cualquier impedancia presentada por la gráfica 2710. En algunas implementaciones, este efecto de impedancia reducida puede fomentar ventajosamente, por ejemplo, una salida de luz mejorada al elevar la corriente

de forma relativamente rápida a tensiones de excitación bajas, donde la corriente de LED es aproximadamente proporcional a la salida de luz.

La gráfica 2705 incluye además un tercer punto de inflexión 2740. En algunos ejemplos, el punto 2740 puede corresponder a un umbral por encima del cual la corriente a través del transistor Q1 es sustancialmente casi cero. Por debajo del punto 2740, el transistor Q1 desvía al menos una porción de la corriente de entrada alrededor del grupo de LED 3.

Una pendiente variable que se muestra en un intervalo 2750 de la gráfica 2705 entre los puntos 2725, 2740 indica, en su recíproco, que el transistor Q1 presenta en este intervalo una impedancia que aumenta de forma continua y suave en respuesta al aumento de la tensión de excitación. En algunas implementaciones, este efecto de impedancia dinámica puede fomentar ventajosamente una transición suave y sustancialmente lineal (por ejemplo, baja distorsión armónica) desde la corriente que fluye sustancialmente solo a través del transistor Q1 hasta que fluye sustancialmente solo en el grupo de LED 3.

La figura 28 representa las mediciones de osciloscopio de formas de onda de tensión y corriente para una realización del circuito de la figura 26. Una gráfica 2800 representa una forma de onda de la tensión sinusoidal 2805 y una forma de onda de corriente 2810. La forma de onda actual 2810 presenta una forma de cabeza y hombros.

En este ejemplo, los hombros 2815 corresponden a la corriente que fluye a través del transistor Q1 dentro de un intervalo de niveles de excitación de entrada de CA más bajos. En un segundo intervalo intermedio de niveles de excitación de entrada de CA, aumenta la impedancia del transistor Q1. A medida que la tensión de excitación continúa aumentando de forma sustancialmente suave y continua dentro de un tercer intervalo que se superpone con el segundo intervalo, una tensión a través del transistor Q1 aumenta por encima de una tensión umbral directa eficaz del grupo de LED 3, y la corriente de entrada efectúa la transición de forma sustancialmente suave y continua desde fluir en el transistor Q1 hasta fluir a través del grupo de LED 3. En los niveles de excitación de entrada de CA más altos, la corriente fluye sustancialmente solo a través del grupo de LED 3 en lugar del transistor Q1.

En algunas realizaciones, el primer intervalo puede tener un límite inferior que es función de una tensión umbral directa eficaz de la red formada por los grupos de LED 1, 2. En algunas realizaciones, el segundo intervalo puede tener un límite inferior definido por una tensión umbral predeterminada. En algunos ejemplos, el límite inferior del segundo intervalo puede corresponder sustancialmente a una corriente umbral predeterminada. En algunas realizaciones, la corriente umbral predeterminada puede ser función de una temperatura de la unión (por ejemplo, una tensión umbral directa de la unión base-emisor). En algunas realizaciones, un límite inferior del tercer intervalo puede ser una función de una tensión umbral directa eficaz del grupo de LED 3. En algunas realizaciones, un límite superior del tercer intervalo puede corresponder a la corriente de entrada que fluye sustancialmente principalmente (por ejemplo, al menos aproximadamente el 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, o al menos aproximadamente el 99,5 % de la corriente de entrada instantánea a la carga) a través del grupo de LED 3. En algunos ejemplos, el límite superior del tercer intervalo puede ser una función del flujo de corriente a través del transistor Q1 que es sustancialmente casi cero (por ejemplo, menos del 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, o menos de aproximadamente el 5 % de la corriente de entrada instantánea a la carga).

La figura 29 representa las mediciones de calidad de potencia para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 28. En particular, las mediciones indican que el factor de potencia se midió en aproximadamente 0,967 (por ejemplo, 96,7 %).

Las figuras 30-31 representan los resultados experimentales recopilados mediante el funcionamiento de un circuito de motor de luz LED ejemplar sustancialmente como se muestra y se describe con referencia a la figura 26. En los experimentos, los grupos de LED 1, 2, 3 incluyeron el modelo SLHNNWW629T0, disponible comercialmente, por ejemplo, de Samsung LED Co, LTD. de Corea El grupo de LED 3 incluyó además el modelo AV02-0232EN, disponible comercialmente, por ejemplo, de Avago Technologies de California. Los grupos de LED 1, 2 probados incluyeron cada uno veinticuatro diodos en una tira en serie, y el grupo de LED 3 incluyó dieciocho diodos en una tira en serie. Los valores de los componentes probados se especificaron como R1 a 47 ohmios, R2 a 3,32 ohmios y R3 a 806 Kiloohmios.

La figura 30 representa las mediciones de osciloscopio de formas de onda de tensión y corriente para otra realización del circuito de la figura 26. Una gráfica 3000 representa una forma de onda de la tensión de excitación sinusoidal 3005 y una gráfica de una forma de onda de corriente de entrada 3010. La forma de onda actual 3010 presenta una forma de cabeza y hombros, sustancialmente como se describe con referencia a la figura 28, con umbrales característicos, puntos de inflexión o pendientes modificados.

La figura 31 representa las mediciones de calidad de potencia para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 30. En particular, las mediciones indican que el factor de potencia se midió en aproximadamente 0,978 (por ejemplo, 97,8 %).

Las figuras 32-35 representan los resultados experimentales recopilados mediante el funcionamiento de un circuito de

motor de luz LED ejemplar sustancialmente como se muestra y se describe con referencia a la figura 26. En los experimentos, los grupos de LED 1, 2 incluyeron el modelo SLHNNWW629T0 (blanco), disponible comercialmente, por ejemplo, de Samsung LED Co, LTD. de Corea, y el modelo AV02-0232EN (rojo), disponible comercialmente, por ejemplo, de Avago Technologies de California. El grupo de LED 3 incluyó el modelo CL-824-U1D (blanco), disponible comercialmente, por ejemplo, de Citizen Electronics Co., Ltd. de Japón. Los grupos de LED 1, 2 probados incluyeron cada uno veinticuatro diodos en una tira en serie, y el grupo de LED 3 incluyó veinte diodos en una tira en serie. Los valores de los componentes probados se especificaron como R1 a 715 ohmios, R2 a 23,2 ohmios y R3 a 806 Kiloohmios.

La figura 32 muestra las mediciones de osciloscopio de las formas de onda de tensión y corriente para la realización del circuito de la figura 26 como se describe con referencia a las figuras 27-29. Como se muestra, un gráfico 3200 incluye la forma de onda de la tensión de excitación sinusoidal 3205, una forma de onda de corriente de entrada total 3210, una forma de onda 3215 para la corriente a través del transistor Q1 y una forma de onda 3220 para la corriente a través del grupo de LED 3.

Con referencia a la figura 27, los datos experimentales sugieren que para tensiones de excitación dentro del primer punto de inflexión 2720 y el segundo punto de inflexión 2725, la forma de onda de corriente de entrada total 3210 coincide sustancialmente con la forma de onda 3215. La corriente de entrada y la corriente a través del transistor Q1 permanecen sustancialmente iguales en un intervalo de excitaciones por encima del segundo punto de inflexión 2725. Sin embargo, en un punto de inflexión de transición 3225 en el intervalo 2750 entre los puntos 2725, 2740, la forma de onda 3215 comienza a disminuir a una velocidad que se desplaza sustancialmente por un aumento correspondiente en la forma de onda 3220. Las formas de onda 3215, 3220 parecen tener una pendiente igual y opuesta, aproximadamente constante (por ejemplo, lineal) a medida que la tensión de excitación aumenta la tensión correspondiente al punto de inflexión 3225 a la tensión correspondiente al punto de inflexión 2740. Con tensiones de excitación por encima del punto 2740, la forma de onda 3220 para la corriente a través del grupo de LED 3 es sustancialmente igual a la forma de onda de corriente de entrada 3210.

La figura 33 representa las mediciones de calidad de potencia para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 32. En particular, las mediciones indican que el factor de potencia se midió en aproximadamente 0,979 (por ejemplo, 97,9 %).

La figura 34 representa componentes armónicos para las formas de onda de la figura 32. En particular, las magnitudes armónicas se midieron sustancialmente solo como armónicos impares, siendo el más fuerte un séptimo armónico a menos del 20 % del fundamental.

La figura 35 representa un perfil armónico para las formas de onda de tensión y corriente de la figura 32. En particular, la distorsión armónica total medida se midió en aproximadamente el 20,9 %.

Por consiguiente, las realizaciones de un motor de luz LED de CA con circuitería de desviación selectiva pueden funcionar ventajosamente con menos del 30 %, 29 %, 28 %, 27 %, 26 %, 25 %, 24 %, 23 %, 22 % o menos de aproximadamente el 21 % de THD, y donde las magnitudes de los armónicos a frecuencias superiores a un kHz, por ejemplo, son sustancialmente inferiores a aproximadamente el 5 % de la amplitud de la frecuencia fundamental.

Las figuras 36-37 muestran una gráfica y datos para mediciones experimentales de salida de luz para un motor de luz como se describe con referencia a la figura 27. Durante la experimentación con la tensión de excitación aplicada a 120 Vrms, se midió la salida de luz para presentar aproximadamente un 20 % de pérdida óptica asociada con una lente y un reflector de color blanco (por ejemplo, sustancialmente parabólico). A una tensión de excitación completa (120 Vrms), la potencia de entrada medida fue de 14,41 vatios.

Por consiguiente, las realizaciones de un motor de luz LED de CA con circuitería de desviación selectiva pueden funcionar ventajosamente con al menos aproximadamente 42, 44, 46, 48, 50 o aproximadamente 51 lúmenes por vatio, y con un factor de potencia de al menos 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, o al menos el 96 % cuando se suministra con aproximadamente 120 Vrms de excitación sinusoidal. Algunas realizaciones del motor de luz LED de CA pueden además regularse de forma sustancialmente suave y continua en un intervalo completo (por ejemplo, 0-100 %) de la tensión de excitación aplicada bajo modulación de amplitud y/o modulación por control de fase.

La figura 36 muestra un gráfico de los componentes calculados de la salida de luz y el cálculo de la salida total combinada, en un intervalo de niveles de regulación. El gráfico indica que la circuitería de desviación selectiva en esta implementación proporciona una salida de luz regulable con suavidad en un intervalo de tensión sustancial. En este ejemplo, la salida de luz se redujo con suavidad (por ejemplo, variación monotónica continua) del 100 % a la excitación nominal completa (por ejemplo, 120 V en este ejemplo) al 0 % a aproximadamente el 37 % de la excitación nominal (por ejemplo, 45 V en este ejemplo) Por consiguiente, un intervalo de control utilizable para una regulación suave usando la modulación de amplitud de alguna implementación de un motor de luz LED de CA con desviación selectiva de la corriente para acondicionar la corriente puede ser al menos el 60 % o al menos aproximadamente el 63 % de la tensión de excitación nominal.

La figura 37 muestra datos experimentales para los componentes calculados de la salida de luz, y el cálculo de la

salida total combinada, en un intervalo de niveles de regulación. Los grupos de LED 1, 2 emiten luz de al menos 5 lúmenes por debajo de 50 voltios, y el grupo de LED 3 emite luz de al menos 5 lúmenes hasta aproximadamente 90 voltios.

5 La figura 38 muestra un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente para omitir un grupo de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de un nivel predeterminado. Diversas realizaciones pueden proporcionar ventajosamente un factor de potencia mejorado y/o una distorsión armónica reducida para una salida de iluminación de pico dada desde los LED.

10 El circuito de motor de luz 3800 incluye un puente rectificador 3805 y dos grupos de LED conectados en serie: El grupo de LED 1 y el grupo de LED 2, que contienen cada uno múltiples LED. En funcionamiento, cada uno de los grupos de LED 1, 2 puede tener una tensión directa eficaz que es una fracción sustancial de la tensión de excitación pico aplicada. Su tensión directa combinada en combinación con un elemento limitador de corriente puede controlar la corriente directa pico. El elemento limitador de corriente se representa como la resistencia R1. En algunas realizaciones, el
15 elemento limitador de corriente puede incluir, por ejemplo, uno o más elementos en una combinación, los elementos que se seleccionan entre una resistencia fija, un semiconductor controlado por corriente y una resistencia sensible a la temperatura.

20 El circuito de motor de luz 3800 incluye además un circuito de derivación 3810 que funciona para reducir la tensión de encendido directa eficaz del circuito 3800. En diversas realizaciones, el circuito de derivación 3810 puede contribuir a expandir el ángulo de conducción a bajos niveles de excitación de entrada de CA, lo que puede tender a beneficiar el factor de potencia y/o el factor armónico, por ejemplo, construyendo una forma de onda de corriente más sinusoidal.

25 El circuito de derivación 3810 incluye un transistor de derivación Q1 (por ejemplo, MOSFET, IGBT, bipolar o similar) con su canal conectado en paralelo con el grupo de LED 2. La conductividad del canal es modulada por un terminal de control (por ejemplo, compuerta del MOSFET). En el ejemplo representado, la compuerta se eleva en tensión a través de una resistencia R2 a un terminal de salida positivo (nodo A) del rectificador, pero se puede reducir a una tensión cercana a la tensión de la fuente del transistor Q1 mediante un colector de un transistor NPN Q2. En diversas realizaciones, la tensión en la compuerta del transistor Q1 puede variar de forma sustancialmente suave y continua
30 en respuesta a las variaciones suaves y continuas correspondientes en la magnitud de la corriente de entrada, que fluye a través de la resistencia de detección R3. El transistor NPN Q2 puede reducir la tensión de compuerta del transistor Q1 cuando un base-emisor del transistor NPN Q2 está polarizado hacia delante por una corriente de LED suficiente a través de una resistencia de detección R3.

35 El ejemplo representado incluye además un elemento de protección ejemplar para limitar la tensión de compuerta a fuente del MOSFET. En este ejemplo, un diodo zener 3815 (por ejemplo, tensión de ruptura de 14 V) puede servir para limitar la tensión aplicada a la compuerta a un nivel seguro para el transistor Q1.

40 La figura 39 representa un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente que omite dos grupos de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de dos niveles predeterminados correspondientes.

45 Un circuito de motor de luz 3900 incluye un grupo adicional de LED y un circuito de derivación adicional correspondiente en una disposición en serie con el circuito de motor de luz de la figura 38. El circuito de motor de luz 3900 incluye un grupo de LED 1 conectado entre un nodo A y un nodo C, un grupo de LED 2 conectado entre el nodo C y un nodo D, y un grupo de LED 3 conectado entre el nodo D y un nodo B en serie con los grupos de LED 1, 2. En paralelo con los grupos de LED 2, 3 hay los circuitos de derivación 3905, 3910, respectivamente, para proporcionar dos niveles de desviación selectiva de la corriente.

50 En la realización representada, los circuitos de derivación 3905, 3910 incluyen resistencias de polarización R2, R4 conectadas para subir sus respectivas tensiones de compuerta hasta los nodos C, D, respectivamente. En otra realización, las resistencias de polarización R2, R4 se pueden conectar para subir sus respectivas tensiones de compuerta en los nodos A, C, respectivamente. Un ejemplo de dicha realización se describe con referencia al menos a la figura 5B de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos titulada "LED Lighting for Livestock Development [Iluminación LED para el desarrollo de ganado]", número de serie 61/255.855, que fue presentada por
55 Z. Grajcar el 29 de octubre de 2009, cuyo contenido completo se incorpora en el presente documento por referencia.

60 En diversas realizaciones, y de acuerdo con la presente divulgación, el establecimiento de umbrales de corriente y tensión apropiados para cada uno de los circuitos de derivación 3905, 3910, puede proporcionar un rendimiento mejorado en términos de al menos de THD y factor de potencia, tomados por separado o en combinación, en un motor de luz LED de CA tal como el motor de luz 3900.

65 A medida que la tensión de excitación y la corriente de entrada aumentan en el circuito de motor de luz 3900, por ejemplo, uno de los circuitos de derivación puede efectuar la transición de baja a alta impedancia en un primer intervalo de excitación, y el otro circuito de derivación puede efectuar la transición de baja a alta impedancia durante un segundo intervalo de excitación. En algunas implementaciones, los umbrales de tensión y corriente respectivos para cada uno

- de los circuitos de derivación respectivos se pueden establecer de modo que el primer y el segundo intervalo de excitación se superpongan al menos parcialmente. Dichos intervalos de excitación superpuestos pueden organizarse mediante la selección apropiada de umbrales de corriente y tensión para obtener, por ejemplo, un rendimiento de THD óptimo con factor de potencia mejorado. En algunas otras implementaciones, los intervalos de excitación primero y segundo pueden no tener sustancialmente superposición, lo que puede fomentar ventajosamente un ángulo de conducción más amplio, por ejemplo, para lograr un factor de potencia cercano a la unidad (por ejemplo, aproximadamente el 97 %, 98 %, 98,5 %, 99 %, 99,25 %, 99,5 %, o aproximadamente el 99,75 %), por ejemplo.
- Diversas realizaciones pueden proporcionar ventajosamente dos, tres o más circuitos de derivación, por ejemplo, para permitir grados adicionales de libertad al construir una forma de onda de corriente con forma más sinusoidal y/o expandir el ángulo de conducción más cerca de 180 grados por medio ciclo. Los circuitos adicionales pueden introducir grados de libertad adicionales, lo que a su vez puede producir mejoras adicionales en el factor de potencia y reducciones adicionales en la distorsión armónica para una salida de iluminación pico dada de los LED.
- La figura 40 muestra un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente para omitir un grupo de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de un nivel predeterminado. El esquema representado en la figura 40 incluye una realización de un puente rectificador 4005, una resistencia limitadora de corriente R1 y dos rutas de LED paralelas, una de las cuales es interrumpible por un circuito de derivación 4010.
- El circuito de motor de luz 4000 incluye el puente rectificador 4005, que suministra una corriente de carga unidireccional a través de una resistencia R1. La corriente de carga fluye a través de una resistencia de detección R2 a dos grupos de LED paralelos: El grupo de LED 1 y el grupo de LED 2, cada uno formado por múltiples LED (por ejemplo, dispuestos en serie, en paralelo o una red combinada en serie y en paralelo). La corriente de carga también suministra al circuito de derivación 4010 una corriente de polarización que puede fluir alrededor de los grupos de LED 1, 2. El circuito de derivación 4010 incluye un transistor MOSFET de canal P Q1 en serie con la ruta de la corriente a través del grupo de LED 2. El transistor Q1 está conectado para que fluya una corriente de drenaje desde la resistencia R2 al grupo de LED 2. La tensión de una compuerta del transistor Q1 se controla mediante un transistor de unión bipolar PNP Q2 con su tensión base-emisor controlada en respuesta a la corriente de carga en los grupos de LED 1, 2 a través de la resistencia de detección R2. Una corriente de colector que fluye en respuesta a la corriente de carga a través de la resistencia R2 da como resultado una corriente de colector a través del transistor Q2 y una resistencia de polarización R3. La tensión de compuerta es una función de la tensión a través de la resistencia R3. A medida que aumenta la corriente de colector, por ejemplo, la tensión de compuerta aumenta. En funcionamiento a la tensión de excitación nominal, los aumentos de tensión de compuerta corresponden a una transición suave en el transistor Q1 desde un estado de impedancia sustancialmente bajo (por ejemplo, menos de 100, 50, 30, 20, 10, 5, 1, 0,5, 0,1, 0,05 ohmios), a un estado de impedancia creciente (por ejemplo, circuito equivalente de una fuente de corriente sustancialmente constante en paralelo con una resistencia), a un estado de alta impedancia (por ejemplo, circuito sustancialmente abierto).
- Cada uno de los grupos de LED 1, 2 puede tener una tensión directa eficaz que es una fracción de la tensión de excitación pico aplicada, y sustancialmente toda la corriente de carga puede dividirse entre los grupos de LED 1, 2. Cuando la tensión de excitación aplicada es suficiente para superar la tensión umbral directa eficaz del grupo de LED 1, entonces la corriente de carga a través de la resistencia R2 aumentará en respuesta al flujo de corriente a través del grupo de LED 1. En algunas realizaciones, el flujo de corriente a través del grupo de LED 2 puede disminuir de forma sustancialmente suave y continua en respuesta a la corriente a través de la resistencia de detección aumentando de forma sustancial y continua dentro de un intervalo. En algunas implementaciones, este intervalo puede corresponder a una tensión de excitación sustancialmente por encima de la tensión umbral directa eficaz del grupo de LED 1.
- En un funcionamiento ejemplar, el grupo de LED 2 puede tener una tensión umbral directa eficaz sustancialmente menor que el grupo de LED 1. De acuerdo con algunas realizaciones durante un aumento continuo y suave de la excitación de CA, la corriente de carga puede fluir primero a través del grupo de LED 1. A medida que la excitación se eleva por encima de la tensión umbral directa eficaz del grupo de LED 1, la corriente de carga fluye a través de ambos grupos de LED 1, 2. A medida que la corriente de carga alcanza un umbral, la corriente a través del grupo de LED 2 puede efectuar la transición de forma suave y continua hacia cero a medida que el circuito de derivación 4010 aumenta una impedancia del canal del transistor Q1. Por encima de algún valor umbral de corriente, la corriente de carga fluye sustancialmente solo a través del grupo de LED 1, con una pequeña fracción de la corriente de carga que suministra la corriente de polarización al transistor Q2 en el circuito de derivación 4010.
- El circuito de motor de luz 4000 incluye, por lo tanto, un circuito de derivación 4010 que funciona para reducir la tensión de encendido directa eficaz del circuito 4000. En diversas realizaciones, el circuito de derivación 4010 puede contribuir a expandir el ángulo de conducción a bajos niveles de excitación de entrada de CA, lo que puede tender a beneficiar el factor de potencia y/o el factor armónico, por ejemplo, construyendo una forma de onda de corriente más sinusoidal.
- La figura 41 muestra un esquema de un circuito ejemplar para el motor de luz LED de la figura 40 con un grupo de LED adicional en una disposición en serie. En esta realización, el circuito de motor de luz 4000 se modifica para incluir

un grupo de LED 3 conectado en serie con la resistencia en serie R1. En el ejemplo ilustrado, el grupo de LED 3 puede aumentar el requisito de tensión umbral directa eficaz para los grupos de LED 1, 2.

Sobre una tensión de excitación ilustrativa que aumenta de forma suave y continua, algunas realizaciones pueden proporcionar que el grupo de LED 3 se ilumine cuando el grupo de LED 1 se ilumina a bajos niveles de excitación, cuando los grupos de LED 1, 2 se iluminan a niveles de excitación intermedios, y cuando el grupo de LED 2 se ilumina y el grupo de LED 1 no se iluminan a niveles de excitación más altos.

En un ejemplo ilustrativo, algunas realizaciones pueden usar diferentes colores en el grupo de LED 1 y el grupo de LED 2 para proporcionar temperaturas de color compuestas sustancialmente diferentes en función del nivel de excitación (por ejemplo, cambios de color en respuesta al nivel de regulación dentro de un intervalo de 0-100 % de tensión nominal). Algunas realizaciones pueden lograr una capacidad de cambio de color deseada mediante la selección apropiada de la salida espectral para cada uno de los grupos de LED 1, 2 y 3.

La figura 42 muestra un esquema de otro circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente para omitir un grupo de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de un nivel predeterminado. El esquema representado en la figura 42 incluye una realización de un circuito de motor de luz que incluye un puente rectificador 4205, resistencia limitadora de corriente R1 y tres rutas de LED paralelas, dos de las cuales son interrumpibles por circuitos de derivación independientes, sustancialmente como se describe anteriormente con referencia a la figura 40)

El esquema de la figura 42 incluye los elementos del circuito de motor de luz 4000 de la figura 40, y además incluye una tercera ruta paralela que incluye un grupo de LED 3 que es interrumpible por un circuito de derivación 4210. En esta realización, los circuitos de derivación 4010, 4210 incluyen un MOSFET de canal p Q1, Q2, respectivamente, como el transistor de derivación. Una compuerta de cada uno de los transistores de derivación Q1, Q2 está controlada por un transistor de unión bipolar de tipo PNP Q3, Q4. Los transistores PNP Q3, Q4 están dispuestos para responder a la corriente a través de dos resistencias de detección de corriente R2, R3. En este ejemplo, el circuito de derivación 4210 para el grupo de LED 3 se desconecta a un umbral de excitación más bajo que el umbral correspondiente en el que se desconectan los LED2.

La figura 43 muestra un esquema de aún otro circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente para omitir un grupo de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de un nivel predeterminado. El esquema representado en la figura 43 incluye una realización de un circuito de motor de luz sustancialmente como se describe anteriormente con referencia a la figura 42, y además incluye un grupo de LED adicional sustancialmente como se describe con referencia a la figura 41.

La figura 43 muestra un esquema de un circuito ejemplar para el motor de luz LED de la figura 42 con un grupo de LED adicional en una disposición en serie. En esta realización, el circuito de motor de luz 4200 se modifica para incluir un grupo de LED 4 conectado en serie con la resistencia en serie R1. En el ejemplo representado, el grupo de LED 4 puede aumentar el requisito de tensión umbral directa eficaz para los grupos de LED 1, 2 y 3.

Las figuras 44-45 muestran gráficos con objeto de ilustrar una variación ejemplar de la temperatura de color compuesta en un intervalo de ajustes de control del regulador para una realización del motor de luz de la figura 9. La figura 9 muestra un esquema de una fuente de LED de CA ejemplar con los LED que, a los efectos de este ejemplo, pueden incluir dos temperaturas de color diferentes entre los LED de carga (D1-D18) y los LED que forman un puente rectificador. Mientras proporciona un ángulo de conducción mejorado, la circuitería de desviación selectiva SC1, SC2 puede proporcionar además un cambio de temperatura de color controlado en un intervalo de condiciones de excitación de entrada.

Con el propósito de simplificar la explicación, el regulador puede modular la amplitud rms (valor cuadrático medio) de la tensión de excitación sinusoidal rectificada usando control de fase o modulación por ancho de pulso (PWM), por ejemplo.

En el circuito de ejemplo de la figura 9, se proporcionan dos conmutadores de derivación en diferentes ajustes de umbral: Th1 para SC1 y Th2 para SC2. A los efectos de este ejemplo ilustrativo, los LED que forman el rectificador de puente de onda completa tienen una temperatura de color nominal de 3500 K, y los LED que forman la carga de corriente unidireccional tienen una temperatura de color nominal de 7000 K.

La figura 44 muestra una gráfica de salida de luz frente al ajuste de control del regulador. Con un ajuste de control del regulador bajo, se omiten todos los LED de 7000 K. A medida que aumenta el control del regulador, aumenta la salida de luz de los LED de 3500 K. Cuando el ajuste de control del regulador alcanza un punto de excitación suficiente para cumplir con la condición de umbral TH1, se interrumpe la desviación de corriente de LED fuera de los LED D1-D9, lo que permite que aumente la salida de luz de los LED de 7000 K.

A medida que la ajuste de control del regulador continúa aumentando, finalmente alcanza un punto suficiente para cumplir con la condición de umbral TH2. En este punto, la desviación de corriente de los LED D10-D18 se interrumpe,

lo cual permite que la salida de luz de los LED de 7000 K aumente aún más.

La figura 45 ilustra cómo la variación de salida de luz de los LED de 3500 K y 7000 K puede provocar una variación en la temperatura de color compuesta. En el ajuste de control del regulador más bajo, sustancialmente toda la salida de luz se emite desde los LED de 3500 K. Por consiguiente, la temperatura de color es de aproximadamente 3500 K.

A medida que aumenta el ajuste de control del regulador, los LED de 7000 K comienzan a contribuir a la salida de luz que se combina con la salida de luz de los LED de 3500 K para formar una salida de luz compuesta. Las contribuciones a la salida de luz dependen de la magnitud de la salida de luz aportada por cada fuente de LED.

En algunas implementaciones, la pendiente de la curva de temperatura de color compuesta en la figura 45 puede no ser necesariamente plana, tal como en el intervalo entre los umbrales TH1, TH2, por ejemplo. La pendiente real puede depender de las respuestas relativas de las características de salida de luz para, en este ejemplo, los LED de 3500 K y 7000 K.

La figura 46 muestra un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente para omitir un grupo de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de un nivel predeterminado. Diversas realizaciones pueden proporcionar ventajosamente un factor de potencia mejorado y/o una distorsión armónica reducida para una salida de iluminación de pico dada desde los LED.

El circuito de motor de luz de la figura 46 incluye un puente rectificador y dos grupos de LED: Los LED1 y LED2 contienen cada uno una red en serie y/o en paralelo de múltiples LED. En funcionamiento, cada grupo de LED1, 2 puede tener una tensión directa eficaz que es una fracción sustancial de la tensión de excitación pico aplicada. Su tensión directa combinada en combinación con un elemento limitador de corriente puede controlar la corriente directa. El elemento limitador de corriente puede incluir, por ejemplo, una resistencia fija.

El circuito de motor de luz incluye además un circuito de derivación que funciona para reducir la tensión de encendido directa eficaz del circuito. En diversas realizaciones, el circuito de derivación puede contribuir a expandir el ángulo de conducción a bajos niveles de excitación de entrada de CA, lo que puede tender a beneficiar el factor de potencia y/o el factor armónico, por ejemplo, construyendo una forma de onda de corriente más sinusoidal.

El circuito de derivación incluye un transistor de derivación (por ejemplo, MOSFET, IGBT, bipolar o similar) con su canal conectado en paralelo con los LED2. La conductividad del canal es modulada por un terminal de control (por ejemplo, compuerta del MOSFET). En el ejemplo representado, la compuerta se eleva en tensión a través de una resistencia a un terminal de salida positivo del rectificador, pero se puede reducir a una tensión cercana a la tensión de la fuente del MOSFET mediante un colector de un transistor NPN. El transistor NPN puede reducir la tensión de compuerta MOSFET cuando una base-emisor del transistor NPN está polarizado hacia delante por una corriente LED suficiente a través de una resistencia de detección.

El ejemplo representado incluye además un elemento de protección ejemplar para limitar la tensión de compuerta a fuente del MOSFET. En este ejemplo, un diodo zener (por ejemplo, tensión de ruptura de 14 V) puede servir para limitar la tensión aplicada a la compuerta a un nivel seguro para el MOSFET.

La figura 47 representa un esquema de un circuito ejemplar para un motor de luz LED con desviación selectiva de la corriente que omite dos grupos de LED mientras la excitación de entrada de CA está por debajo de dos niveles predeterminados correspondientes. El circuito de motor de luz de la figura 47 añade un grupo adicional de LED y un circuito de derivación adicional correspondiente al circuito de motor de luz de la figura 46. Diversas realizaciones pueden proporcionar ventajosamente dos o más circuitos de derivación, por ejemplo, para permitir grados adicionales de libertad en la construcción de una forma de onda de corriente más sinusoidal. Grados de libertad adicionales pueden producir mejoras potenciales adicionales para el factor de potencia y una distorsión armónica más reducida para una salida de iluminación pico dada de los LED.

Las figuras 48A-48C representan parámetros ejemplares de rendimiento eléctrico y de luz para el circuito de motor de luz de, por ejemplo, la figura 46.

La figura 48A representa formas de onda ilustrativas de tensión y corriente para el circuito de motor de luz de la figura 46. El gráfico con la leyenda V traza la tensión de excitación de entrada de CA, que se representa como una forma de onda sinusoidal. La gráfica con la leyenda $i_{in} = I_1$ muestra una forma de onda de corriente ejemplar para la corriente de entrada, que en este circuito, es la misma que la corriente a través de los LED1. Un gráfico con la leyenda I_2 representa una corriente a través de los LED2.

Durante un medio ciclo típico, los LED1 no se conducen hasta que la tensión de excitación de entrada de CA supera sustancialmente el encendido directo eficaz para los diodos en el circuito. Cuando la fase alcanza A en el ciclo, la corriente empieza a fluir a través de los LED1 y el conmutador de derivación. La corriente de entrada aumenta hasta que el circuito de derivación comienza a apagar el MOSFET en B. En algunos ejemplos, el MOSFET puede comportarse en una región lineal (por ejemplo, no saturada, que no cambia rápidamente entre estados binarios) a

medida que la corriente se divide entre el canal MOSFET y los LED2. La corriente MOSFET puede caer a cero a medida que la corriente I2 a través de los LED2 se acerca a la corriente de entrada. En la excitación de la tensión de entrada pico, se alcanza la salida de luz pico. Estas etapas se producen en orden inverso después de que la tensión de excitación de entrada de CA pase por su pico y empiece a caer.

La figura 48B representa una gráfica ilustrativa de relaciones ejemplares entre la luminancia de los LED1 y los LED2 en respuesta al control de fase (por ejemplo, regulación). El comportamiento relativo de la luminancia de salida de cada uno de los LED1 y LED2 se revisará para aumentar progresivamente el corte de fase, que corresponde a la regulación.

En el origen y hasta el ángulo de conducción A, el control de fase no atenúa el flujo de corriente a través de los LED1 o LED2. Por consiguiente, los LED1 mantienen su luminancia pico L1, y los LED2 mantienen su luminancia pico L2.

Cuando el control de fase retarda la conducción de los ángulos entre A y B, la luminancia promedio de los LED1 disminuye, pero el control de fase no afecta el perfil de corriente a través de los LED2, por lo que los LED2 mantienen la luminancia L2.

Cuando el control de fase retarda la conducción para ángulos entre B y C, una luminancia promedio de los LED1 continúa disminuyendo a medida que el aumento en el corte de fase continúa acortando el tiempo promedio de iluminación de los LED1. El control de fase también comienza a acortar el tiempo de conducción promedio de los LED2, por lo que la luminancia de L2 cae hacia cero cuando el retardo de encendido del control de fase se aproxima a C.

Cuando el control de fase retarda la conducción para ángulos entre C y D, el controlador de fase bloquea completamente la corriente durante el tiempo en que el nivel de entrada de excitación está por encima del umbral requerido para apagar el conmutador de derivación. En consecuencia, los LED2 nunca transportan corriente y, por lo tanto, no emiten luz. La salida de los LED1 continúa cayendo hacia cero en D.

En el corte de fase más allá de D, el motor de luz sustancialmente no emite luz porque los niveles de tensión de excitación suministrados por el controlador de fase no son suficientes para superar la tensión de encendido directa eficaz de los LED1.

La figura 48C representa una característica de la temperatura de color compuesta ejemplar bajo control de fase para el motor de luz LED de la figura 46. En este ejemplo, los LED1 y LED2 que tienen diferentes temperaturas de color, T1 y T2, respectivamente. El comportamiento de la luminancia de los LED1 y LED2 como se describe con referencia a la figura 48B indica que un motor de luz ejemplar puede cambiar su color de salida a medida que se regula. En un ejemplo ilustrativo, la temperatura de color puede cambiar de un blanco frío a un rojo o verde más cálido a medida que la intensidad se regula, por ejemplo, mediante un control del regulador por corte de fase convencional.

En el origen y hasta el ángulo de conducción A, el control de fase no atenúa la iluminación de los LED1 o LED2. Por consiguiente, el motor de luz puede emitir una temperatura de color compuesta de acuerdo con una combinación de las temperaturas de color de los componentes de acuerdo con sus intensidades relativas.

Cuando el control de fase retarda la conducción para ángulos entre A y B, una temperatura de color promedio aumenta a medida que disminuye la luminancia de los LED1 con temperatura de color baja (véase la figura 48B).

Cuando el control de fase retarda la conducción para ángulos entre B y C, la temperatura de color cae relativamente rápida a medida que el aumento del corte de fase atenúa la temperatura de color más alta hacia cero. En este intervalo, la temperatura de color más baja LED1 cae relativamente lenta, pero no a cero.

Cuando el control de fase retarda la conducción para ángulos entre C y D, la única temperatura de color que contribuye es T1, por lo que la temperatura de color permanece constante a medida que la luminancia de los LED1 cae hacia cero en D.

El ejemplo de la figura 48C puede abarcar realizaciones en las que los diferentes LED de color están orientados espacialmente y ubicados para obtener una salida de color compuesta. A modo de ejemplo, se pueden disponer múltiples colores de LED para formar un haz en el que la iluminación de cada color de LED comparte sustancialmente una orientación y dirección común con otros colores.

A la luz de lo anterior, se puede ver que la temperatura de color compuesta se puede manipular controlando el flujo de corriente a través o desviándose fuera de grupos seleccionados de LED. En diversos ejemplos, la manipulación del flujo de corriente a través de grupos de LED puede realizarse automáticamente mediante uno o más circuitos de derivación configurados para responder a niveles de excitación de CA predeterminados. Además, se han descrito diversas realizaciones que desvían de forma selectiva la corriente para mejorar el factor de potencia y/o reducir la distorsión armónica, por ejemplo, para un nivel de iluminación de salida pico dado. Se han descrito aquí circuitos de derivación que pueden implementarse ventajosamente con módulos de LED existentes o integrarse en un módulo de

LED para formar un motor de luz LED con solo un número pequeño de componentes, con bajas pérdidas de potencia y bajo coste global.

Las figuras 49A-49C, 50A-50C y 51A-51C representan gráficos de rendimiento de tres motores de luz LED de CA ejemplares con circuitería de acondicionamiento de desviación selectiva de la corriente configurados para cambiar la temperatura de color en función de la tensión de excitación. En estos experimentos, cada uno de los tres motores de luz se excitó con una fuente de tensión sinusoidal con modulación de amplitud que funciona a 60 Hz. Las lámparas probadas fueron implementaciones ejemplares del circuito como se describe en general en las figuras 26 o 38. Las mediciones de la temperatura de color correlacionada (CCT) y la intensidad espectral se registraron en incrementos de cinco voltios hasta la tensión nominal para cada lámpara bajo prueba.

Las figuras 49A-49C representan datos de medición para una lámpara ejemplar con un motor de luz que incluye LED rojos y blancos en el grupo de LED 1 y LED blancos en el grupo de LED 2. La figura 49A muestra que el valor de la temperatura de color cayó de aproximadamente 3796 K a 120 V a aproximadamente 3162 K a 80 V (las tensiones están en rms). Esto representa una disminución del 16,7 % en el valor de la temperatura de color. Esto puede denominarse en el presente documento como un cambio a un color más cálido en respuesta a la modulación de amplitud de la excitación de la tensión de entrada sinusoidal. Aunque no se muestra en estos experimentos, en general se puede esperar un funcionamiento similar de la modulación por corte de fase para reducir la excitación de la tensión de entrada de CA eficaz.

La figura 49B muestra que, para regular desde el 100 % hasta el 60 % de la tensión de excitación nominal, la intensidad pico a una longitud de onda roja (630 nm) disminuyó a una velocidad sustancialmente más lenta que las longitudes de onda de intensidad pico del azul (446 nm) y verde (563 nm). Desde el 90 % hasta el 70 % de la tensión nominal, las intensidades de longitud de onda azul y verde cayeron entre aproximadamente el 5 - 9 % por cada reducción de 5 V en la tensión de entrada, mientras que el rojo cayó a aproximadamente el 3 - 5 % por cada reducción de 5 V en la tensión de entrada. Desde alrededor del 83 % hasta aproximadamente el 75 % de la tensión de entrada nominal, la velocidad de disminución de las intensidades pico del verde y azul fue al menos 2,0 veces la velocidad de disminución de la intensidad pico del rojo. Por consiguiente, la intensidad relativa de la longitud de onda roja en esta realización aumentó de forma automática y sustancialmente suave en respuesta a la tensión de excitación de entrada reducida, ya que la tensión de entrada disminuye en un intervalo a partir de la excitación nominal. En este ejemplo, el intervalo se extendió hasta al menos el 70 % de la tensión nominal. Por debajo de ese punto, se cree que los LED en el grupo de LED 2 pueden estar en un estado sustancialmente de no conducción mientras que los LED en el grupo de LED 1 conducen y continúan disminuyendo la salida de luz a medida que la tensión se reduce aún más.

La figura 49C muestra mediciones de intensidad espectral de 400 nm a 700 nm para la lámpara probada en incrementos de 5 V hasta la tensión nominal. A medida que se reduce la tensión, la intensidad de todas las longitudes de onda cae, pero no a la misma velocidad, de acuerdo con el análisis anterior con referencia a las figuras 49A-49B. Las intensidades pico analizadas con referencia a la figura 49B se seleccionaron como los tres máximos locales a la excitación de la tensión de entrada total.

Las figuras 50A-50C representan datos de medición para una lámpara ejemplar con un motor de luz que incluye LED blancos en el grupo de LED 1, y LED rojos y blancos en el grupo de LED 2. La figura 50A muestra que el valor de la temperatura de color aumentó de aproximadamente 4250 K a 120 V a aproximadamente 5464 K a 60 V (las tensiones están en rms). Esto representa un aumento del 28,5 % en el valor de la temperatura de color. Esto puede denominarse en el presente documento como un cambio a un color más frío (por ejemplo, blanco tenue a frío) en respuesta a la modulación de amplitud de la excitación de la tensión de entrada sinusoidal. Aunque no se muestra en estos experimentos, en general se puede esperar un funcionamiento similar de la modulación por corte de fase para reducir la excitación de la tensión de entrada de CA eficaz.

La figura 50B muestra que, para regular desde el 100 % hasta el 75 % de la tensión de excitación nominal, la intensidad pico a una longitud de onda verde (560 nm) disminuyó a una velocidad sustancialmente más lenta que las longitudes de onda de intensidad pico para las longitudes de onda del azul (446 nm) y rojo (624 nm). Desde aproximadamente el 96 % hasta el 75 % de la tensión nominal, las intensidades de longitud de onda azul y roja cayeron entre aproximadamente el 6-13 % por cada reducción de 5 V en la tensión de entrada, mientras que el verde cayó a aproximadamente el 2-10 % por cada reducción de 5 V en la tensión de entrada. Desde alrededor del 96 % hasta aproximadamente el 75 % de la tensión de entrada nominal, la velocidad de disminución de las intensidades pico del rojo y azul varió desde aproximadamente el 37 % más alta a aproximadamente el 300 % de la velocidad de disminución de la intensidad pico del verde. Por consiguiente, la intensidad relativa de la longitud de onda verde en esta realización aumentó de forma automática y sustancialmente suave en respuesta a la tensión de excitación de entrada reducida, ya que la tensión de entrada disminuye en un intervalo a partir de la excitación nominal. En este ejemplo, el intervalo se extendió hasta aproximadamente el 75 % de la tensión nominal. Por debajo de ese punto, se cree que los LED en el grupo de LED 2 pueden entrar en un estado sustancialmente de no conducción mientras que los LED en el grupo de LED 1 conducen y continúan disminuyendo la salida de luz a medida que la tensión se reduce aún más.

La figura 51C muestra mediciones de intensidad espectral de 400 nm a 700 nm para la lámpara probada en incrementos de 5 V hasta la tensión nominal. A medida que se reduce la tensión, la intensidad de todas las longitudes

de onda cae, pero no a la misma velocidad, de acuerdo con el análisis anterior con referencia a las figuras 51A-51B. Las intensidades pico analizadas con referencia a la figura 51B se seleccionaron como los máximos locales a la excitación de la tensión de entrada total.

Las figuras 51A-51C representan datos de medición para una lámpara ejemplar con un motor de luz que incluye LED verdes y blancos en el grupo de LED 1 y LED blancos en el grupo de LED 2. La figura 51A muestra que el valor de la temperatura de color aumentó de aproximadamente 6738 K a 120 V a aproximadamente 6985 K a 60 V (las tensiones están en rms). Esto representa un aumento del 3,6 % en el valor de la temperatura de color. Esto puede denominarse en el presente documento como un cambio a un color más frío en respuesta a la modulación de amplitud de la excitación de la tensión de entrada sinusoidal. Aunque no se muestra en estos experimentos, en general se puede esperar un funcionamiento similar de la modulación por corte de fase para reducir la excitación de la tensión de entrada de CA eficaz.

La figura 51B muestra que, para regular del 100 % al 65 % de la tensión de excitación nominal, la intensidad pico a una longitud de onda de la intensidad pico del rojo (613 nm) disminuyó a una velocidad sustancialmente más rápida que las longitudes de onda de intensidad pico del azul (452 nm) y verde (521 nm). Desde aproximadamente el 96 % hasta el 70 % de la tensión nominal, las intensidades de longitud de onda azul y verde cayeron entre aproximadamente el 3-8 % por cada reducción de 5 V en la tensión de entrada, mientras que el rojo cayó a aproximadamente el 7-12 % por cada reducción de 5 V en la tensión de entrada. Desde alrededor del 96 % hasta aproximadamente el 71 % de la tensión de entrada nominal, la velocidad de disminución de la intensidad pico del rojo fue aproximadamente un 40 % más alta que la velocidad de disminución de las intensidades pico del verde y azul. Por consiguiente, la intensidad relativa de la longitud de onda roja en esta realización disminuyó de forma automática y sustancialmente suave en respuesta a la tensión de excitación de entrada reducida, ya que la tensión de entrada disminuye en un intervalo a partir de la excitación nominal. En este ejemplo, el intervalo se extendió hasta aproximadamente el 65 % de la tensión nominal. Por debajo de ese punto, se cree que los LED en el grupo de LED 2 pueden entrar en un estado sustancialmente de no conducción mientras que los LED en el grupo de LED 1 conducen y continúan disminuyendo la salida de luz a medida que la tensión se reduce aún más.

La figura 51C muestra mediciones de intensidad espectral de 400 nm a 700 nm para la lámpara probada en incrementos de 5 V hasta la tensión nominal. A medida que se reduce la tensión, la intensidad de todas las longitudes de onda cae, pero no a la misma velocidad, de acuerdo con el análisis anterior con referencia a las figuras 51A-51B. Las intensidades pico analizadas con referencia a la figura 51B se seleccionaron como los tres máximos locales a la excitación de la tensión de entrada completa, excepto que la longitud de onda del rojo se seleccionó sin un punto máximo de intensidad local disponible.

Por consiguiente, se puede apreciar a partir de la divulgación en el presente documento que el cambio de la temperatura de color en función de las formas de onda de excitación de entrada puede implementarse o diseñarse en base a la selección apropiada de los grupos de LED y la disposición de uno o más circuitos de acondicionamiento de desviación de la corriente selectivos para modular una corriente de derivación alrededor de los grupos de LED seleccionados. La selección del número de diodos en cada grupo, la tensión de excitación, el intervalo de control de fase, los colores de los diodos y los parámetros de intensidad pico pueden manipularse para obtener un rendimiento eléctrico y/o de salida de luz mejorado en una variedad de aplicaciones de iluminación.

Aunque se han descrito diversas realizaciones con referencia a las figuras, son posibles otras realizaciones. Por ejemplo, algunas implementaciones de circuitos de derivación pueden controlarse en respuesta a señales de componentes analógicos o digitales, que pueden ser discretos, integrados o una combinación de cada uno. Algunas realizaciones pueden incluir dispositivos programados y/o programables (por ejemplo, PLA, PLD, ASIC, microcontrolador, microprocesador), y pueden incluir uno o más almacenes de datos (por ejemplo, celda, registro, bloque, página) que proporcionan niveles únicos o múltiples de capacidad de almacenamiento de datos digitales, y que pueden ser volátiles y/o no volátiles. Algunas funciones de control pueden implementarse en hardware, software, firmware o una combinación de cualquiera de ellas.

Los productos de programas informáticos pueden contener un conjunto de instrucciones que, cuando se ejecutan mediante un dispositivo procesador, hacen que el procesador realice las funciones prescritas. Estas funciones pueden realizarse junto con dispositivos controlados en comunicación operativa con el procesador. Los productos de programas informáticos, que pueden incluir software, pueden almacenarse en un almacén de datos integrado de manera tangible en un medio de almacenamiento, como un dispositivo de almacenamiento electrónico, magnético o giratorio, y pueden ser fijos o extraíbles (por ejemplo, disco duro, disco flexible, memoria USB, CD, DVD).

El número de LED en cada una de las diversas realizaciones es ejemplar, y no pretende ser limitante. El número de LED puede diseñarse de acuerdo con la caída de tensión directa de los LED seleccionados y la amplitud de excitación aplicada suministrada desde la fuente. Con referencia a la figura 26, por ejemplo, el número de LED en los grupos de LED 1, 2 entre los nodos A, C puede reducirse para lograr un factor de potencia mejorado. Los LED entre los nodos A, C pueden colocarse ventajosamente en paralelo para equilibrar sustancialmente la carga de los dos conjuntos de LED de acuerdo con su ciclo de trabajo relativo, por ejemplo, con respecto a la carga del grupo de LED 3. En algunas implementaciones, la corriente puede fluir del nodo A al C cuando la corriente de entrada se extrae de la fuente,

mientras que la corriente entre los nodos C y B puede fluir sustancialmente solo alrededor de la excitación pico. En diversas realizaciones, los aparatos y procedimientos pueden mejorar ventajosamente el factor de potencia sin introducir una disipación resistiva sustancial en serie con la tira de LED.

- 5 En una realización ejemplar, uno o más de los LED en el aparato de iluminación pueden tener diferentes colores y/o características eléctricas. Por ejemplo, los LED rectificadores (que transportan corriente solo durante medios ciclos alternos) de la realización de la figura 6 pueden tener una temperatura de color diferente que los LED de carga que transportan la corriente durante los cuatro cuadrantes.
- 10 De acuerdo con otra realización, se pueden incluir componentes adicionales, por ejemplo, para reducir la corriente de fuga inversa a través de los diodos. Por ejemplo, un rectificador de fuga inversa que no es un LED puede incluirse en serie con ambas bifurcaciones del rectificador para minimizar la fuga inversa en las rutas de corriente positiva y negativa en el rectificador.
- 15 De acuerdo con otra realización, la entrada de CA al rectificador puede ser modificada por otra circuitería de procesamiento de potencia. Por ejemplo, se puede usar un módulo regulador que usa control de fase para retardar el encendido y/o interrumpir el flujo de corriente en puntos seleccionados en cada medio ciclo. En algunos casos, la mejora armónica aún puede lograrse de manera ventajosa incluso cuando la corriente está distorsionada por el módulo regulador. También se puede lograr un factor de potencia mejorado cuando la forma de onda de la tensión sinusoidal rectificadora se modula en amplitud mediante un módulo regulador, un transformador variable o un reóstato, por ejemplo.
- 20 En un ejemplo, la tensión de excitación puede tener una forma de onda sustancialmente sinusoidal, como la tensión de línea a aproximadamente 120 TCA a 50 o 60 Hz. En algunos ejemplos, la tensión de excitación puede ser una forma de onda sustancialmente sinusoidal que ha sido procesada por un circuito de regulación, como un conmutador controlado por fase que funciona para retardar el encendido o interrumpir el apagado en una fase seleccionada en cada medio ciclo. En algunos ejemplos, el regulador puede modular la amplitud de la tensión sinusoidal de CA (por ejemplo, convertidor de CA a CA), o modular la forma de onda sinusoidal rectificadora (por ejemplo, convertidor de CC a CC).
- 25 Las frecuencias de línea pueden incluir aproximadamente 50, aproximadamente 60, aproximadamente 100 o aproximadamente 400 Hz, por ejemplo. En algunas realizaciones, la frecuencia de funcionamiento fundamental puede estar sustancialmente por debajo de 1 kHz, lo que puede reducir ventajosamente los problemas de exceder las emisiones de radiofrecuencia permisibles que pueden estar asociadas con las corrientes armónicas.
- 30 En algunas realizaciones, las formas de onda lineales sustancialmente suaves en funcionamiento pueden producir ventajosamente niveles armónicos sustancialmente insignificantes. Algunos ejemplos pueden emitir emisiones conducidas o radiadas a niveles tan bajos y a frecuencias tan bajas que pueden considerarse sustancialmente insignificantes en el intervalo de audio o RF. Algunas realizaciones pueden no requerir sustancialmente ningún componente de filtrado para cumplir con los estándares ampliamente aplicables que típicamente pueden regular las emisiones electromagnéticas conducidas o radiadas, tales como las que pueden aplicarse a productos de iluminación residenciales o comerciales. Por ejemplo, diversas realizaciones pueden funcionar ventajosamente en aplicaciones residenciales o comerciales sin componentes de filtro, tales como condensadores (por ejemplo, electrolítico de aluminio), inductores, estranguladores o materiales de apantallamiento o absorción del campo magnético o eléctrico. Por consiguiente, dichas realizaciones pueden proporcionar ventajosamente iluminación regulable de alta eficacia sin el coste, peso, embalaje, sustancias peligrosas y volumen asociado con dichos componentes de filtro.
- 35 En algunas implementaciones, la circuitería de derivación puede fabricarse en una única matriz integrado con algunos o todos los LED de iluminación. Por ejemplo, un módulo de LED de CA puede incluir una matriz que incluye uno o más de los LED en el grupo que se va a omitir, y puede incluir además algunos o todos los componentes e interconexiones del circuito de derivación. Dichas implementaciones pueden reducir sustancialmente el coste de ensamblaje y de los componentes al reducir o eliminar sustancialmente la colocación y el cableado asociados con las realizaciones del circuito de derivación. Por ejemplo, la integración de la circuitería de derivación con los LED en la misma matriz o conjunto de circuito híbrido puede eliminar al menos un cable o una conexión de interfaz eléctrica. En un ejemplo ilustrativo, la interfaz eléctrica entre el circuito de derivación y el LED en sustratos separados puede implicar un cable u otra interconexión (por ejemplo, encabezado de placa a placa) para permitir la desviación de corriente al circuito de derivación y fuera de los LED a anular. En realizaciones integradas, el espacio para la colocación de componentes y/o el encaminamiento de interconexión para la ruta de derivación puede reducirse o eliminarse sustancialmente, promoviendo aún más las reducciones de costes y la miniaturización de un motor de luz LED de CA completo.
- 40 Como se usa en general en el presente documento para la excitación sinusoidal, el ángulo de conducción se refiere a la porción (medida en grados) de una forma de onda sinusoidal rectificadora (180 grados para un medio ciclo) durante la cual la corriente de entrada de excitación sustancial fluye hacia uno o más de los LED en la carga para hacer que los LED emitan luz. Como ilustración, una carga resistiva puede tener un ángulo de conducción de 180 grados. Una carga LED típica puede presentar un ángulo de conducción inferior a 180 grados debido a la tensión de encendido directa de cada diodo.
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

En un ejemplo ilustrativo, la entrada de CA puede excitarse, por ejemplo, con una tensión sinusoidal nominal de 120 voltios a 60 Hz, pero no está limitada a esta tensión, forma de onda o frecuencia en particular. Por ejemplo, algunas implementaciones pueden funcionar con excitación de entrada de CA de onda cuadrada de 115 voltios a 400 Hz. En algunas implementaciones, la excitación puede ser formas de onda periódicas sinusoidales, rectangulares, triangulares o trapezoidales sustancialmente unipolares (rectificadas), por ejemplo. En diversas realizaciones, la tensión pico de la excitación de CA puede ser aproximadamente 46, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 110, 115, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 260, 280, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1000, 1100, 1300, o al menos aproximadamente 1500 voltios.

Un módulo regulador ejemplar puede funcionar en respuesta a la entrada de usuario a través de un control deslizante, que puede estar acoplado a un potenciómetro. En otras realizaciones, la entrada de control del usuario puede aumentarse o reemplazarse con una o más entradas adicionales. Por ejemplo, la excitación de CA suministrada al motor de luz puede modularse en respuesta a entradas analógicas y/o digitales generadas automáticamente, solas o en combinación con la entrada de un usuario. Por ejemplo, un controlador programable puede suministrar una señal de control para establecer un punto de funcionamiento para el módulo de control del regulador.

Un módulo regulador ejemplar puede incluir un módulo de control de fase para controlar qué parte de la forma de onda de excitación de CA está sustancialmente bloqueada desde el suministro a los terminales de un circuito de motor de luz ejemplar. En otras realizaciones, la excitación de CA puede modularse usando una o más técnicas adicionales, ya sea solas o en combinación. Por ejemplo, la modulación por ancho de pulso, sola o en combinación con el control de fase, puede usarse para modular la excitación de CA a una frecuencia de modulación que es sustancialmente más alta que la frecuencia de excitación de CA fundamental.

En algunos ejemplos, la modulación de la señal de excitación de CA puede implicar un modo desenergizado en el que sustancialmente no se aplica excitación al motor de luz. Por consiguiente, algunas implementaciones pueden incluir un conmutador de desconexión (por ejemplo, estado sólido o relé mecánico) en combinación con el control de modulación de excitación (por ejemplo, módulo de control de fase). El conmutador de desconexión puede disponerse en serie para interrumpir la conexión de suministro de excitación de CA al motor de luz. En algunos ejemplos, se puede proporcionar un conmutador de desconexión en un panel de disyuntor que recibe entrada de CA de una fuente de empresa de servicios públicos eléctrica y distribuye la excitación de CA al módulo regulador. En algunos ejemplos, el conmutador de desconexión puede estar dispuesto en un nodo diferente en el circuito que el nodo en el panel de disyuntor. Algunos ejemplos pueden incluir el conmutador de desconexión dispuesto para responder a una señal de entrada automatizada (por ejemplo, desde un controlador programable) y/o a un elemento de entrada de usuario que se coloca en una posición predeterminada (por ejemplo, movido a una posición de final de carrera, apretado para acoplarse a un conmutador o similar).

Algunas realizaciones pueden proporcionar una intensidad deseada y una o más características de cambio de color correspondientes. Algunas realizaciones pueden reducir sustancialmente el coste, el tamaño, el recuento de componentes, el peso, la fiabilidad y la eficacia de una fuente de luz LED regulable. En algunas realizaciones, la circuitería de desviación selectiva de la corriente puede funcionar con distorsión armónica reducida y/o factor de potencia en la forma de onda de corriente de entrada de CA usando, por ejemplo, circuitería muy sencilla, de bajo coste y de baja potencia. Por consiguiente, algunas realizaciones pueden reducir los requisitos de energía para la iluminación, proporcionar la intensidad de iluminación deseada y el color durante un ciclo biológico usando un control del regulador sencilla, y evitar la iluminación con longitudes de onda no deseadas. Algunas realizaciones pueden estar envueltas ventajosamente en una carcasa resistente al agua para permitir la limpieza usando pulverizaciones de agua fría a presión. En diversas realizaciones, la carcasa puede ser reforzada, requerir bajo coste para materiales y ensamblaje, y proporcionar un disipador de calor sustancial al motor de luz LED durante el funcionamiento. Diversos ejemplos pueden incluir una lente para suministrar un patrón de iluminación sustancialmente uniforme y/o dirigida. Algunas realizaciones pueden proporcionar configuraciones de instalación sencillas y de bajo coste que pueden incluir una conexión sencilla a una línea de caída.

En algunas realizaciones, la circuitería adicional para lograr una distorsión armónica sustancialmente reducida puede incluir un único transistor, o puede incluir además un segundo transistor y un elemento de detección de corriente. En algunos ejemplos, un sensor de corriente puede incluir un elemento resistivo a través del cual fluye una porción de la corriente de un LED. En algunas realizaciones, se pueden lograr reducciones significativas de tamaño y coste de fabricación integrando la circuitería de mejora armónica en una matriz con uno o más LED controlados por una circuitería de mejora armónica. En ciertos ejemplos, la circuitería de mejora armónica puede integrarse con los LED controlados correspondientes en una matriz común sin aumentar el número de etapas del proceso necesarios para fabricar solo los LED. En diversas realizaciones, la distorsión armónica de la corriente de entrada de CA puede mejorarse sustancialmente para cargas de LED accionadas por CA, por ejemplo, usando rectificación de media onda o de onda completa.

Si bien se puede usar un conector de tipo tornillo, que a veces puede denominarse conector de estilo "tornillo de Edison", para hacer una interfaz eléctrica con el motor de luz LED y proporcionar soporte mecánico para el conjunto de la lámpara de LED, se pueden usar otros tipos de conectores. Algunas implementaciones pueden usar una interfaz de estilo bayoneta, que puede presentar uno o más pasadores conductores orientados radialmente que se acoplan a

una ranura correspondiente en el conector y hacen una conexión de soporte eléctrico y mecánico cuando el conjunto de la lámpara de LED gira en su posición. Algunos conjuntos de lámparas de LED pueden usar, por ejemplo, dos o más pasadores de contacto que pueden acoplar a un conector correspondiente, por ejemplo, usando un movimiento de torsión para acoplar, tanto eléctrica como mecánicamente, los pasadores en el conector. A modo de ejemplo y no de limitación, la interfaz eléctrica puede usar una disposición de dos pasadores como en las lámparas de estilo GU-10 disponibles comercialmente, por ejemplo.

En algunas implementaciones, un producto de programa informático puede contener instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador ajuste la temperatura de color y/o la intensidad de la iluminación, lo que puede incluir iluminación LED. La temperatura de color puede ser manipulada por un aparato de luz compuesta que combina uno o más LED de una o más temperaturas de color con una o más fuentes de luz que no son LED, cada una con una única temperatura de color y/o característica de salida de luz. A modo de ejemplo y no de limitación, se pueden combinar diversos LED de temperatura de color con una o más fuentes de luz fluorescente, incandescente, halógena y/o de mercurio para proporcionar una característica de temperatura de color deseada en un intervalo de condiciones de excitación.

Aunque algunas realizaciones pueden efectuar una transición ventajosamente suave del color de salida del dispositivo de iluminación desde un color frío a un color cálido a medida que se reduce la excitación de CA suministrada al motor de luz, son posibles otras implementaciones. Por ejemplo, reduciendo la excitación de entrada de CA puede cambiar la temperatura de color de un dispositivo LED desde un color relativamente cálido a un color relativamente frío, por ejemplo.

En algunas realizaciones, la selección y el procesamiento de materiales pueden controlarse para manipular la temperatura de color del LED y otros parámetros de salida de luz (por ejemplo, intensidad, dirección) para proporcionarla a los LED que producirán una característica compuesta deseada. La selección apropiada de los LED para proporcionar una temperatura de color deseada, en combinación con la aplicación apropiada y la determinación del umbral para el circuito de derivación, puede permitir ventajosamente adaptar la variación de la temperatura de color en un intervalo de excitación de entrada.

En algunas implementaciones, la amplitud de la tensión de excitación puede modularse, por ejemplo, mediante la conmutación controlada de tomas de transformador. En general, algunas combinaciones de tomas pueden estar asociadas a un número de proporciones de giro diferentes. Por ejemplo, los relés mecánicos o de estado sólido se pueden usar para seleccionar entre un número de tomas disponibles en el primario y/o secundario de un transformador para proporcionar una proporción de giros más cercana a la tensión de excitación de CA deseada.

En algunos ejemplos, la amplitud de excitación de CA puede ajustarse dinámicamente mediante un transformador variable (por ejemplo, variac) que puede proporcionar un ajuste continuo y suave de la tensión de excitación de CA en un intervalo de funcionamiento. En algunas realizaciones, la excitación de CA puede ser generada por un generador electromecánico de velocidad/tensión variable (por ejemplo, alimentado por diésel). Se puede operar un generador con parámetros de velocidad y/o corriente controlados para suministrar una excitación de CA deseada a un motor de luz basado en LED. En algunas implementaciones, la excitación de CA al motor de luz puede proporcionarse usando procedimientos bien conocidos de estado sólido y/o electromecánicos que pueden combinar la rectificación de CA-CC, conversión de CC-CC (por ejemplo, buck-boost, elevador, reductor, retroceso), inversión DC-AC (por ejemplo, medio puente o puente completo, transformador acoplado) y/o conversión directa AC-AC. Las técnicas de conmutación de estado sólido pueden usar, por ejemplo, técnicas de conmutación resonantes (por ejemplo, cuasi-resonantes, resonantes), cruce de cero (por ejemplo, corriente cero, tensión cero), solas o en combinación con estrategias de modulación apropiadas (por ejemplo, densidad de pulso, ancho de pulso, omisión de pulso, demanda o similares).

En una realización ilustrativa, un rectificador puede recibir una tensión de CA (por ejemplo, sinusoidal) y entregar corriente sustancialmente unidireccional a los módulos de LED dispuestos en serie. Se puede reducir una tensión de encendido eficaz de la carga del LED desviando la corriente alrededor de al menos uno de los diodos en la tira mientras la tensión de entrada de CA está por debajo de un nivel predeterminado. En diversos ejemplos, la desviación selectiva de la corriente dentro de la tira de LED puede extender el ángulo de conducción de corriente de entrada y, por lo tanto, reducir sustancialmente la distorsión armónica para los sistemas de iluminación LED de CA.

En diversas realizaciones, los aparatos y procedimientos pueden mejorar ventajosamente un factor de potencia sin introducir una disipación resistiva sustancial en serie con la tira de LED. Por ejemplo, mediante la modulación controlada de una o más rutas de corriente a través de LED seleccionados a valores umbral predeterminados de excitación de CA, una carga de LED puede proporcionar un aumento eficaz de los niveles de tensión directa de encendido para mayores niveles de excitación de CA. Para un ángulo de conducción dado, un valor eficaz de resistencia limitadora de corriente para mantener una corriente de excitación de entrada pico deseada puede por consiguiente reducirse.

Diversas realizaciones pueden proporcionar una modulación de intensidad de luz sustancialmente reducida que puede contribuir al parpadeo, en la medida en que sea potencialmente perceptible para humanos o animales, al operar los LED para transportar corriente unidireccional al doble de la frecuencia de excitación de entrada de CA. Por ejemplo,

un rectificador de onda completa puede suministrar una corriente de carga de 100 o 120 Hz (onda sinusoidal rectificada), respectivamente, en respuesta a la excitación de la tensión de entrada sinusoidal de 50 o 60 Hz. El aumento de la frecuencia de carga produce un aumento correspondiente en la frecuencia de parpadeo de la iluminación, que tiende a empujar la energía del parpadeo hacia o por encima del nivel en el que puede ser percibido por humanos o algunos animales. Además, algunas realizaciones de un motor de luz con desviación selectiva de la corriente como se describe en el presente documento pueden aumentar sustancialmente un ángulo de conducción, lo que puede reducir correspondientemente un "tiempo muerto" durante el cual los LED no emiten luz. Dicha operación puede mitigar además ventajosamente los efectos de modulación de amplitud de luz detectables, si los hay, en diversas realizaciones.

El aparato y procedimientos asociados ejemplares pueden implicar un módulo de derivación para modular la conductividad de una o más rutas de corriente para proporcionar un primer conjunto de LED que conducen una iluminación de salida casi mínima y que tienen un ángulo de conducción mayor que el de un segundo conjunto de LED que conducen en una iluminación de salida máxima. En un ejemplo ilustrativo, la conductividad de una ruta de derivación en paralelo con una porción del segundo conjunto de LED puede reducirse mientras la excitación de entrada de CA está por encima de una tensión o corriente umbral predeterminada. La ruta de derivación se puede operar para proporcionar una tensión de encendido eficaz reducida mientras la excitación de entrada está por debajo del umbral predeterminado. Para una iluminación de salida máxima dada con una excitación de entrada máxima, el módulo de derivación puede controlar la corriente a través de LED seleccionados para construir una forma de onda de corriente de entrada con un factor de potencia sustancialmente mejorado y una distorsión armónica reducida.

En diversos ejemplos, la modulación de corriente puede extender un ángulo de conducción eficaz de una corriente de excitación de entrada extraída de una fuente eléctrica.

En algunos ejemplos, la modulación puede extraer una corriente de excitación de entrada construida para aproximarse sustancialmente a una forma de onda y fase de una frecuencia fundamental de la tensión de excitación de entrada, lo que puede resultar en una distorsión armónica y/o factor de potencia mejorados. En un ejemplo ilustrativo, la tensión de encendido de una carga de LED puede reducirse hasta que la corriente de entrada de excitación o su tensión de excitación periódica asociada alcance un nivel umbral predeterminado, y cese la reducción de la tensión de encendido mientras la corriente o tensión de excitación esté sustancialmente por encima del nivel umbral predeterminado.

Diversas realizaciones pueden lograr una o más ventajas. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden incorporarse fácilmente para proporcionar unas características eléctricas y/o un rendimiento de la regulación mejorados sin rediseñar los módulos de LED existentes. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden implementarse fácilmente usando un pequeño número de componentes discretos en combinación con módulos de LED existentes. Algunas implementaciones pueden reducir sustancialmente la distorsión armónica en la forma de onda de corriente de entrada de CA usando, por ejemplo, circuitería muy sencilla, de bajo coste y de baja potencia. En algunas realizaciones, la circuitería adicional para lograr una distorsión armónica sustancialmente reducida puede incluir un único transistor, o puede incluir además un segundo transistor y un elemento de detección de corriente. En algunos ejemplos, un sensor de corriente puede ser un elemento resistivo a través del cual fluye una porción de la corriente de un LED. En algunas realizaciones, se pueden lograr reducciones significativas de tamaño y coste de fabricación integrando la circuitería de mejora armónica en una matriz con uno o más LED controlados por una circuitería de mejora armónica. En ciertos ejemplos, la circuitería de mejora armónica puede integrarse con los LED controlados correspondientes en una matriz común sin aumentar el número de etapas del proceso necesarios para fabricar solo los LED. En diversas realizaciones, la distorsión armónica de la corriente de entrada de CA puede mejorarse sustancialmente para cargas de LED accionadas por CA, por ejemplo, usando rectificación de media onda o de onda completa.

Algunas realizaciones pueden proporcionar un número de rutas de LED paralelas para grupos de LED para equilibrar la carga de corriente entre cada ruta en todos los grupos en una proporción aproximada al valor cuadrático medio de la corriente transportada en esa ruta en, por ejemplo, la excitación nominal. Dicho equilibrio puede lograr ventajosamente una degradación sustancialmente equilibrada de las matrices durante la vida útil del motor de luz LED de CA.

El aparato y los procedimientos asociados reducen la distorsión armónica de una corriente de excitación al desviar la corriente de excitación sustancialmente fuera de un número de LED dispuestos en un circuito en serie hasta que la corriente o su tensión de excitación periódica asociada alcance un nivel umbral predeterminado y cese la desviación de corriente mientras la corriente o tensión de excitación está sustancialmente por encima del nivel umbral predeterminado. En una realización ilustrativa, un rectificador puede recibir una tensión de CA (por ejemplo, sinusoidal) y entregar corriente unidireccional a una tira de LED conectados en serie. Se puede reducir una tensión umbral de encendido eficaz de la tira de diodos desviando la corriente alrededor de al menos uno de los diodos en la tira mientras la tensión de CA está por debajo de un nivel predeterminado. En diversos ejemplos, la desviación selectiva de la corriente dentro de la tira de LED puede extender el ángulo de conducción de corriente de entrada y, por lo tanto, reducir sustancialmente la distorsión armónica para los sistemas de iluminación LED de CA.

Este documento divulga tecnología relacionada con la arquitectura para el factor de alta potencia y baja distorsión armónica de los sistemas de iluminación LED. Se pueden encontrar ejemplos relacionados en divulgaciones

presentadas previamente cuyo autor es común al de esta divulgación.

En algunas realizaciones, las implementaciones pueden integrarse con otros elementos, como el hardware de empaquetado y/o de gestión térmica. Los ejemplos de elementos térmicos u otros que pueden integrarse ventajosamente con las realizaciones descritas en el presente documento se describen con referencia, por ejemplo, a la figura 15 en la solicitud de publicación de los Estados Unidos 2009/0185373 A1, presentada por Z. Grajcar el 19 de noviembre de 2008.

Los ejemplos de tecnología para un factor de potencia mejorado y una distorsión armónica reducida en la iluminación LED con cambio de color bajo excitación de CA se describen con referencia, por ejemplo, a las figuras 20A-20C de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos titulada "Reduction of Harmonic Distortion for LED Loads [Reducción de la distorsión armónica para cargas de LED]", número de serie 61/233.829, que fue presentada por Z. Grajcar el 14 de agosto de 2009.

Los ejemplos de tecnología para atenuar y cambiar los colores de los LED con excitación de CA se describen con referencia, por ejemplo, a las diversas figuras de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos titulada "Color Temperature Shift Control for Dimmable AC LED Lighting [Control de cambio de la temperatura de color para iluminación de LED de CA regulable]", número de serie 61/234.094, que fue presentada por Z. Grajcar el 14 de agosto de 2009.

Se describen ejemplos de un conjunto de lámpara de LED con referencia, por ejemplo, a las diversas figuras de la solicitud de patente de diseño de los Estados Unidos titulada "LED Down-light Assembly [Conjunto de luz descendente LED]", número de serie 29/345.833, que fue presentado por Z. Grajcar el 22 de octubre de 2009.

Diversas realizaciones pueden incorporar una o más interfaces eléctricas para realizar una conexión eléctrica desde el aparato de iluminación a una fuente de excitación. Un ejemplo de una interfaz eléctrica que puede usarse en algunas realizaciones de una luz descendente se describe más en detalle con referencia, por ejemplo, al menos a las figuras 1-3, o 5 de la solicitud de patente de diseño de los Estados Unidos titulada "Lamp Assembly [Conjunto de lámpara]", número de serie 29/342.578, que fue presentada por Z. Grajcar el 27 de octubre de 2009.

Se describen realizaciones adicionales que muestran implementaciones ejemplares del circuito de desviación selectiva, que incluyen paquetes de módulos integrados, para motores de luz LED de CA, por ejemplo, con referencia al menos a las figuras 1,2, 5A-5B, 7A-7B y 10A-10B de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos titulada "Architecture for High Power Factor and Low Harmonic Distortion LED Lighting [Arquitectura para iluminación LED de alto factor de potencia y baja distorsión armónica]", número de serie 61/255.491, presentada por Z. Grajcar el 28 de octubre de 2009.

Diversas realizaciones pueden relacionarse con aplicaciones de iluminación regulable para el ganado. Se describen ejemplos de dichos aparatos y procedimientos con referencia, por ejemplo, al menos a las figuras 3, 5A-6C de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos titulada "Iluminación LED para el desarrollo de ganado", número de serie 61/255.855, que fue presentada por Z. Grajcar el 29 de octubre de 2009.

Algunas implementaciones pueden implicar el montaje de un motor de luz LED de CA en un sustrato de circuito que usa LED con pasadores compatibles, algunos de los cuales pueden proporcionar una capacidad sustancial de disipación del calor. Ejemplos de dichos aparatos y procedimientos se describen con referencia, por ejemplo, al menos a las figuras 11-12 de la solicitud de patente de los Estados Unidos titulada "Light Emitting Diode Assembly and Methods [Conjunto y procedimientos de diodos emisores de luz]", número de serie 12/705.408, que fue presentada por Z. Grajcar el 12 de febrero de 2010.

Otros ejemplos de tecnología para un factor de potencia mejorado y una distorsión armónica reducida en la iluminación LED con cambio de color bajo excitación de CA se describen con referencia, por ejemplo, a las figuras 21-43 de la solicitud de Patente de los Estados Unidos titulada "Reduction of Harmonic Distortion for LED Loads [Reducción de la distorsión armónica para cargas de LED]", número de serie 12/785.498, que fue presentada por Z. Grajcar el 24 de mayo de 2010.

Se han descrito diversas realizaciones en diversos aspectos con referencia a las figuras o de manera distinta.

En un aspecto ejemplar, un procedimiento de acondicionamiento de corriente en un motor de luz incluye una etapa de proporcionar un par de terminales de entrada adaptados para recibir una tensión de excitación de polaridad alternante. La corriente que fluye hacia cada uno de los pares de terminales es igual en magnitud y opuesta en polaridad. El procedimiento incluye además proporcionar una pluralidad de diodos emisores de luz (LED) dispuestos en una primera red. La primera red está dispuesta para conducir dicha corriente en respuesta a la tensión de excitación que excede al menos una tensión umbral directa asociada con la primera red. El procedimiento incluye además proporcionar una pluralidad de LED dispuestos en una segunda red en una relación en serie con dicha primera red. El procedimiento de acondicionamiento de corriente ejemplar incluye además una etapa de proporcionar una ruta de derivación en paralelo con dicha segunda red y en una relación en serie con dicha primera red. Otra etapa es aumentar

dinámicamente una impedancia de la ruta de derivación como una función sustancialmente suave y continua de dicha amplitud de corriente en respuesta a dicha amplitud de corriente que aumenta en un intervalo por encima de un valor umbral de corriente; y, permitir que dicha corriente fluya a través de dicha primera red y desviar sustancialmente dicha corriente fuera de dicha segunda red mientras una caída de tensión a través de la ruta de derivación está sustancialmente por debajo de una tensión umbral directa asociada con la segunda red.

En diversos ejemplos, el procedimiento puede incluir efectuar la transición de dicha corriente desde dicha ruta de derivación a la segunda red de una forma sustancialmente lineal en respuesta a la caída de tensión a través de la ruta de derivación que aumenta por encima de la tensión directa de la segunda red. La etapa de desviación selectiva puede incluir además permitir que dicha corriente fluya a través de dichas redes primera y segunda mientras la tensión de excitación está por encima del segundo umbral. La etapa de desviación selectiva puede incluir además una reducción sustancial y continua del flujo de corriente que se desvía fuera de dicha segunda red en respuesta a un aumento sustancialmente suave y continuo en la magnitud de la tensión de excitación por encima del segundo umbral. La etapa de desviación selectiva también puede incluir recibir una señal de entrada de control indicativa de una magnitud de dicha corriente.

La etapa puede incluir variar una impedancia de una ruta en paralelo con la segunda red, en la que la impedancia aumenta monótonamente a medida que aumenta la tensión de excitación en al menos una porción de un intervalo entre el primer umbral y el segundo umbral. Este etapa puede implicar además proporcionar una ruta de baja impedancia en paralelo con la segunda red, mientras que la magnitud de la tensión de excitación está en el primer umbral o en al menos una porción de un intervalo entre el primer umbral y el segundo umbral. La etapa de desviación selectiva puede incluir proporcionar una ruta de impedancia sustancialmente alta en paralelo con la segunda red, mientras que la tensión de excitación está sustancialmente por encima del segundo umbral.

En algunas realizaciones, el procedimiento puede incluir rectificar la tensión de excitación recibida en los terminales de entrada a una excitación de tensión sustancialmente unipolar para conducir dicha corriente. El procedimiento puede incluir además desviar de forma selectiva dicha corriente a una frecuencia fundamental que es un múltiplo de número entero de una frecuencia de la tensión de excitación. El múltiplo de número entero puede ser al menos tres.

En otro aspecto ejemplar, un motor de luz puede incluir un par de terminales de entrada adaptados para recibir una tensión de excitación de polaridad alternante. La corriente que fluye hacia cada uno de los pares de terminales es igual en magnitud y opuesta en polaridad. El motor de luz incluye una pluralidad de diodos emisores de luz (LED) dispuestos en una primera red, dicha primera red que está dispuesta para conducir dicha corriente en respuesta a la tensión de excitación que excede un primer umbral de al menos una magnitud de tensión umbral directa asociada con la primera red. El motor de luz también incluye una pluralidad de LED dispuestos en una segunda red en serie con dicha primera red. La segunda red está dispuesta para conducir dicha corriente en respuesta a la tensión de excitación que excede un segundo umbral de al menos la suma de la magnitud de tensión directa asociada con la primera red y una magnitud de tensión directa asociada con la segunda red. Incluye además medios para desviar de forma selectiva la segunda red permitiendo que la corriente fluya a través de la primera red y desviar sustancialmente la corriente fuera de la segunda red mientras la tensión de excitación está por debajo del segundo umbral.

A modo de ejemplo, y no de limitación, en el presente documento se describen medios ejemplares para desviar de forma selectiva con referencia al menos a las figuras 19, 26 y 38-43.

En algunas realizaciones, los medios de desviación selectiva pueden permitir además que la corriente fluya a través de la primera red y desviar sustancialmente la corriente fuera de la segunda red mientras la tensión de excitación está dentro de al menos una porción de un intervalo entre el primer umbral y el segundo umbral. Los medios de desviación selectiva también pueden permitir que la corriente fluya a través de dichas redes primera y segunda mientras la tensión de excitación está por encima del segundo umbral. Los medios de desviación selectiva pueden funcionar además para reducir de forma sustancialmente suave y continua el flujo de corriente a través de los medios de desviación en respuesta a un aumento sustancialmente suave y continuo en la magnitud de la tensión de excitación por encima del segundo umbral.

En algunos ejemplos, los medios de desviación selectiva pueden incluir una entrada de control que responde a una magnitud de la corriente. Los medios de desviación selectiva pueden ser operativos para presentar una ruta de impedancia variable en paralelo con la segunda red, de manera que la impedancia variable aumenta monótonamente a medida que la tensión de excitación aumenta en al menos una porción de un intervalo entre el primer umbral y el segundo umbral. Los medios de desviación selectiva pueden ser operativos para presentar una ruta de baja impedancia en paralelo con la segunda red, mientras que la magnitud de la tensión de excitación está en al menos una porción de un intervalo entre el primer umbral y el segundo umbral. Los medios de desviación selectiva pueden ser operativos para presentar una trayectoria de impedancia sustancialmente alta en paralelo con la segunda red, mientras que la tensión de excitación está sustancialmente por encima del segundo umbral.

En algunas realizaciones, el motor de luz puede incluir además un módulo rectificador para convertir la tensión de excitación recibida en los terminales de entrada en una tensión de excitación sustancialmente unipolar para conducir dicha corriente.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (3800) que comprende:

un par de terminales para recibir una tensión de excitación de polaridad alternante;
una primera red, en la que la primera red incluye una primera pluralidad de diodos emisores de luz, LED, (grupo de LED 1) dispuestos en conexión en serie para formar una primera ruta de la corriente, la primera pluralidad de LED que tiene una primera característica de color;
una segunda red, en la que la segunda red incluye una segunda pluralidad de LED (grupo de LED 2) dispuestos en conexión en serie para formar una segunda ruta de la corriente, la segunda pluralidad de LED que tiene una segunda característica de color que es sustancialmente diferente de la primera característica de color;
caracterizado porque comprende además un elemento de impedancia controlable (Q1) en una ruta de derivación entre la primera y la segunda red para permitir que la corriente fluya a través de dicha primera red y desvíe sustancialmente toda la corriente fuera de dicha segunda red;
en el que la primera red y la segunda red están conectadas en serie a dicho par de terminales, la segunda red y la ruta de derivación están conectadas en paralelo, y el elemento de impedancia controlable (Q1) está dispuesto en la ruta de derivación; y
un módulo de control de impedancia dinámica (Q2) acoplado al elemento de impedancia controlable (Q1) para realizar una transición suave y continua sustancialmente de toda la corriente desviada de dicha ruta de derivación a dicha segunda red en función de dicha tensión de excitación de polaridad alternante.

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que la característica de color de la salida de luz combinada de la primera y segunda red varía entre la primera característica de color y la segunda característica de color en función de la excitación eléctrica aplicada, y una velocidad de cambio de intensidad para una primera longitud de onda pico es al menos un 40 % más alta que una velocidad de cambio de intensidad para una segunda longitud de onda pico ya que la excitación eléctrica aplicada varía dentro de un intervalo limitado que abarca el 80 % de la tensión nominal, y en el que un límite superior del intervalo limitado de la excitación eléctrica aplicada es inferior a aproximadamente el 95 % de la tensión nominal, y/o un límite inferior del intervalo limitado de excitación eléctrica aplicada es superior a aproximadamente el 75 % de la tensión nominal.

3. El aparato de la reivindicación 1, en el que la característica de color de la salida de luz combinada de la primera y segunda red varía entre la primera característica de color y la segunda característica de color en función de la excitación eléctrica aplicada, y una velocidad de cambio de intensidad para una primera longitud de onda pico es al menos un 40 % más alta que una velocidad de cambio de intensidad para una segunda longitud de onda pico ya que la excitación eléctrica aplicada varía dentro de un intervalo limitado que abarca el 80 % de la tensión nominal, y

en el que una proporción de la velocidad de cambio de intensidad para la primera longitud de onda pico a la velocidad de cambio de intensidad para la segunda longitud de onda pico es al menos 2 dentro del intervalo limitado, o la proporción es al menos 3 para una porción del intervalo limitado.

4. El aparato de la reivindicación 1, en el que el módulo de control de impedancia dinámica (Q2) opera para aumentar sustancialmente una temperatura de color medida en respuesta a la reducción en una tensión aplicada.

5. El aparato de la reivindicación 4, en el que la reducción en la tensión aplicada está asociada con una señal de tensión periódica procesada por un módulo de corte de fase, o en el que la reducción en la tensión aplicada está asociada con una señal de tensión periódica modulada en amplitud.

6. El aparato de la reivindicación 4, en el que la temperatura de color aumenta al menos aproximadamente un 3 % en respuesta a la reducción de la tensión aplicada, o en el que la temperatura de color aumenta al menos aproximadamente un 28 % en respuesta a la reducción en la tensión aplicada.

7. El aparato de la reivindicación 1, en el que el módulo de control de impedancia dinámica (Q2) opera para disminuir sustancialmente una temperatura de color en respuesta a la reducción en una tensión aplicada.

8. El aparato de la reivindicación 7, en el que la reducción en la tensión aplicada está asociada con una señal de tensión periódica procesada por un módulo de corte de fase, o en el que la reducción en la tensión aplicada está asociada con una señal de tensión periódica modulada en amplitud.

9. El aparato de la reivindicación 7, en el que la temperatura de color disminuye al menos aproximadamente un 16 % en respuesta a la reducción de la tensión aplicada.

10. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera red comprende además al menos una tira de uno o más LED conectados en serie dispuestos en una conexión en paralelo con la primera ruta de

la corriente.

- 5 11. El aparato de la reivindicación 1, en el que la segunda red comprende además al menos una tira de uno o más LED conectados en serie dispuestos en una conexión en paralelo con la segunda ruta de la corriente.
12. El aparato de la reivindicación 1, en el que el grado de desviación de la corriente por el módulo de control de impedancia dinámica varía en función de la excitación eléctrica aplicada.
- 10 13. El aparato de la reivindicación 1, en el que la excitación eléctrica aplicada comprende una tensión sustancialmente sinusoidal, y/o en el que la excitación eléctrica aplicada comprende una corriente alterna.

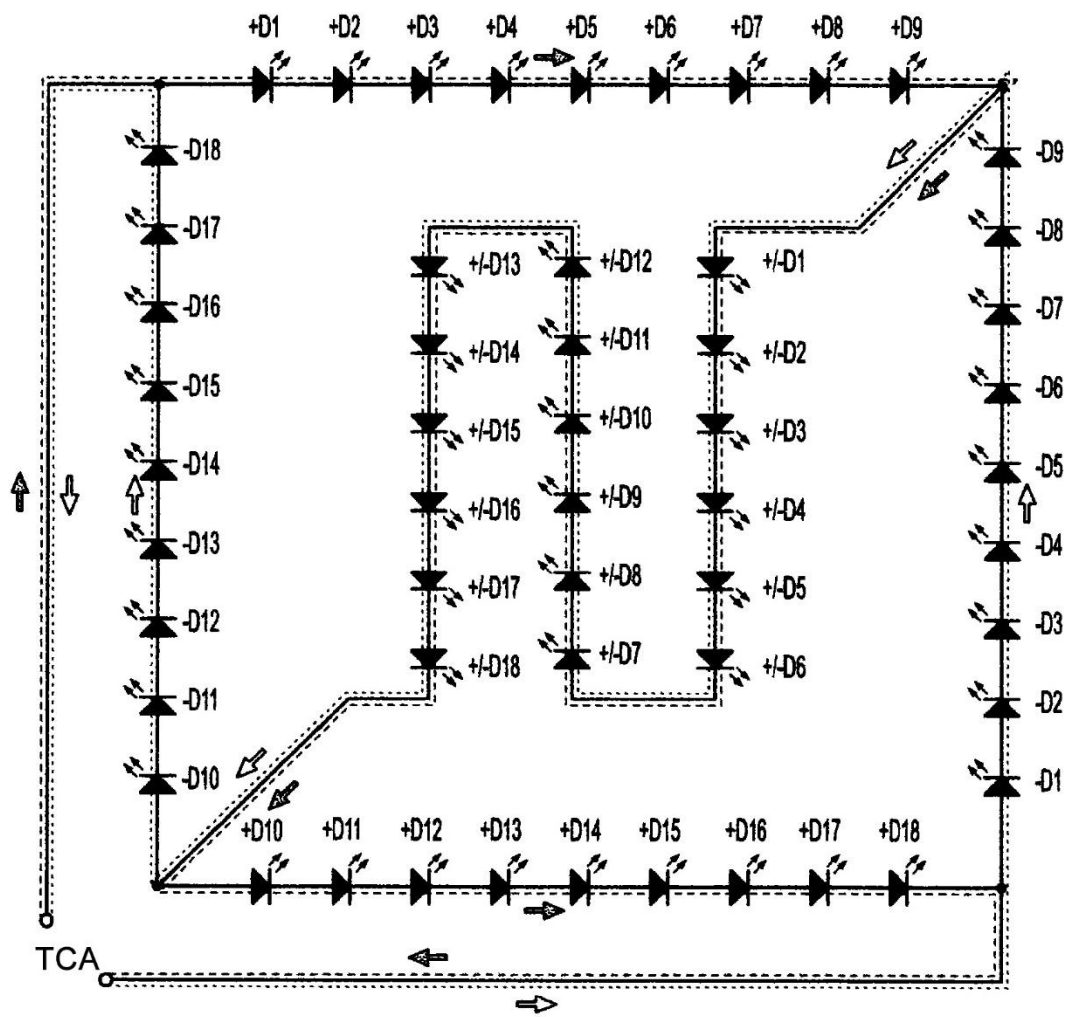


FIG. 1

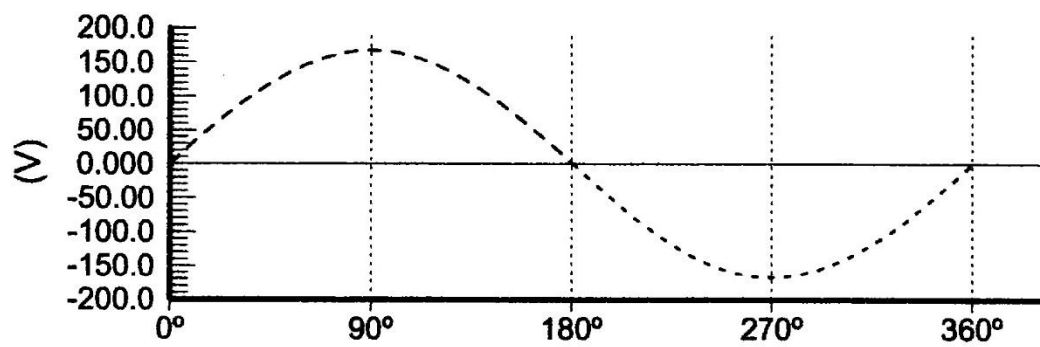


FIG. 2

Tensión directa vs. corriente directa

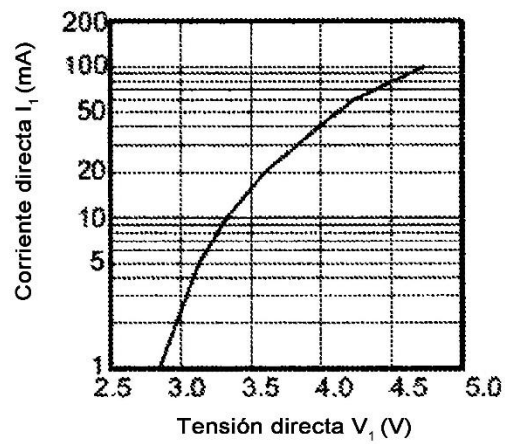


FIG. 3

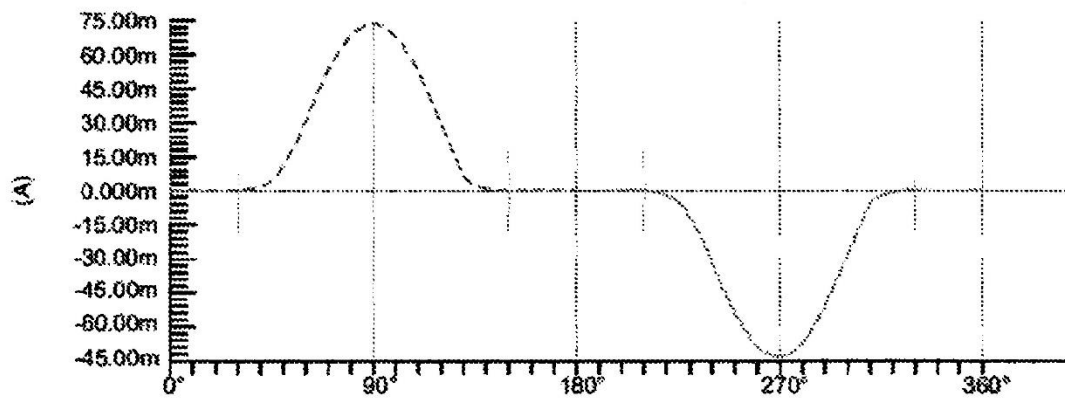


FIG. 4

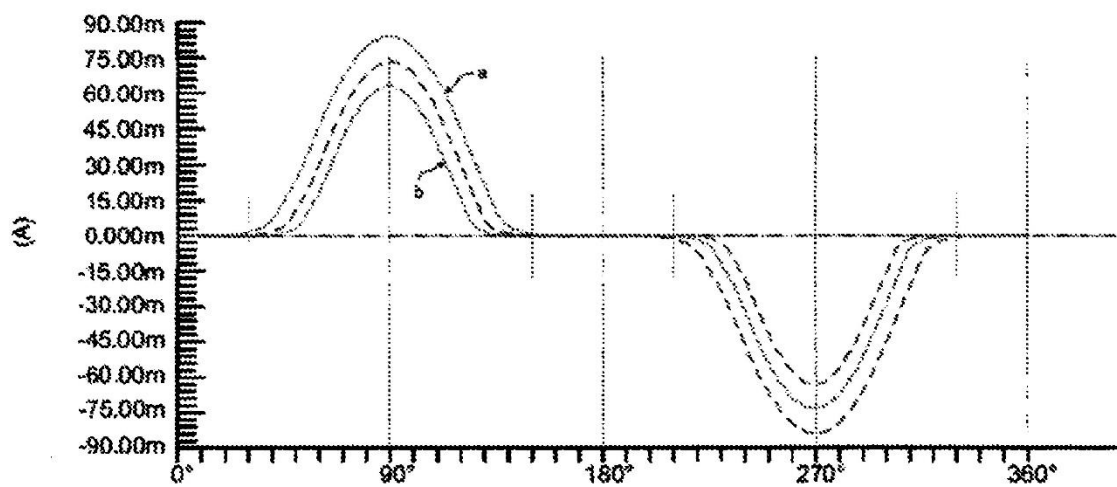


FIG. 5

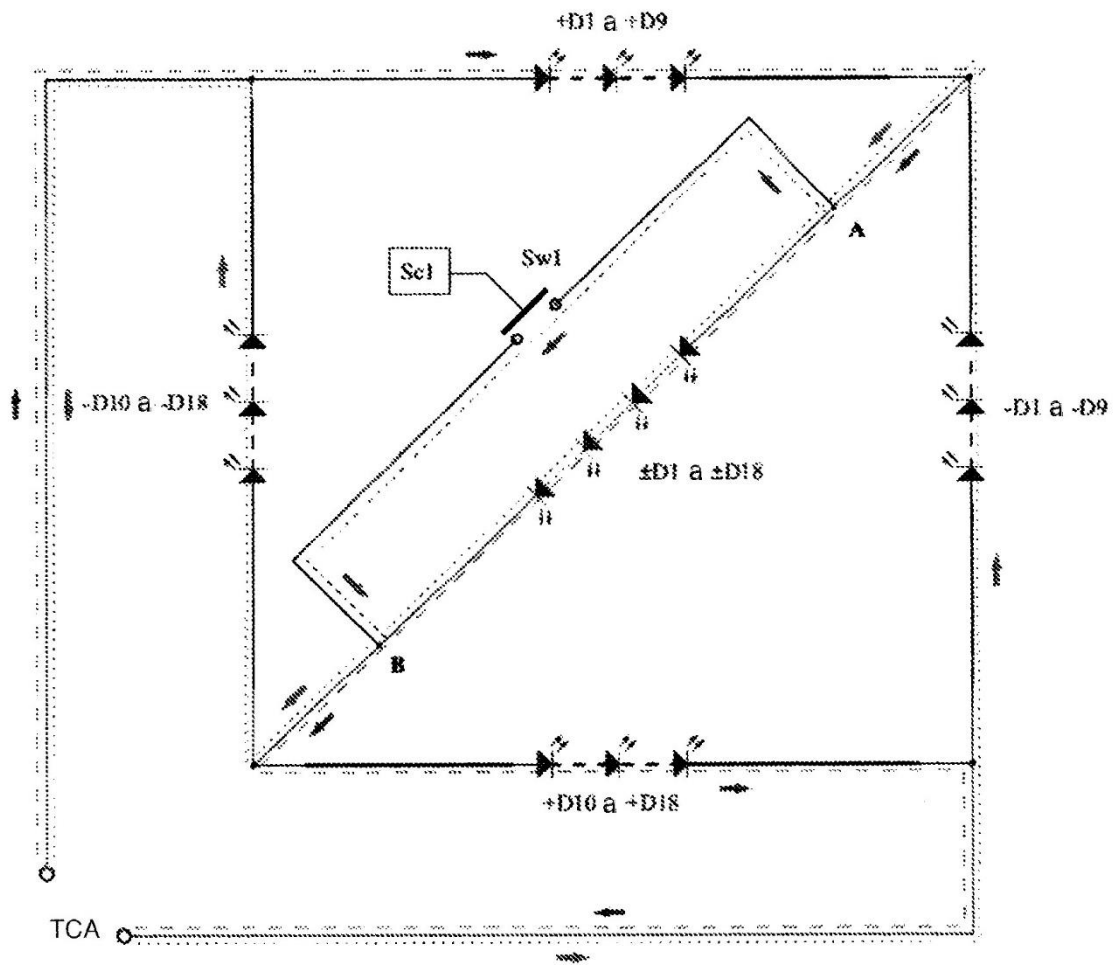


FIG. 6

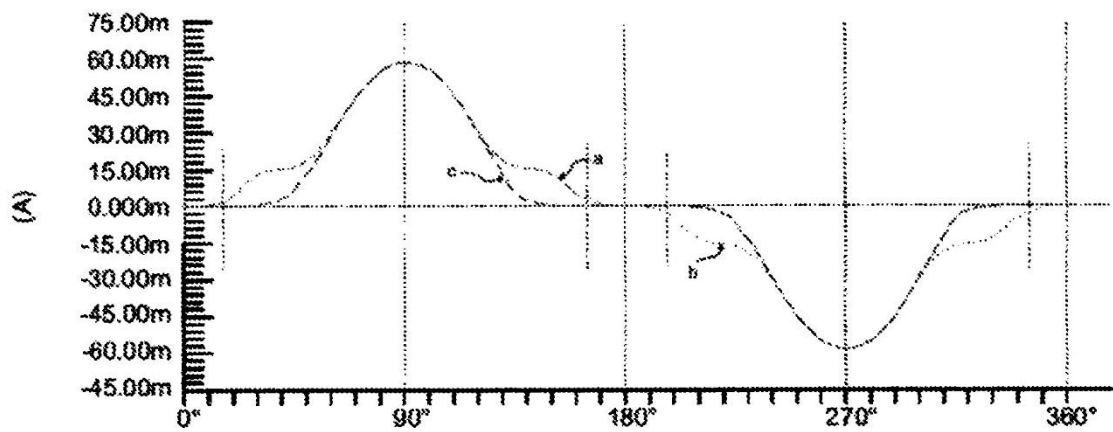


FIG. 7

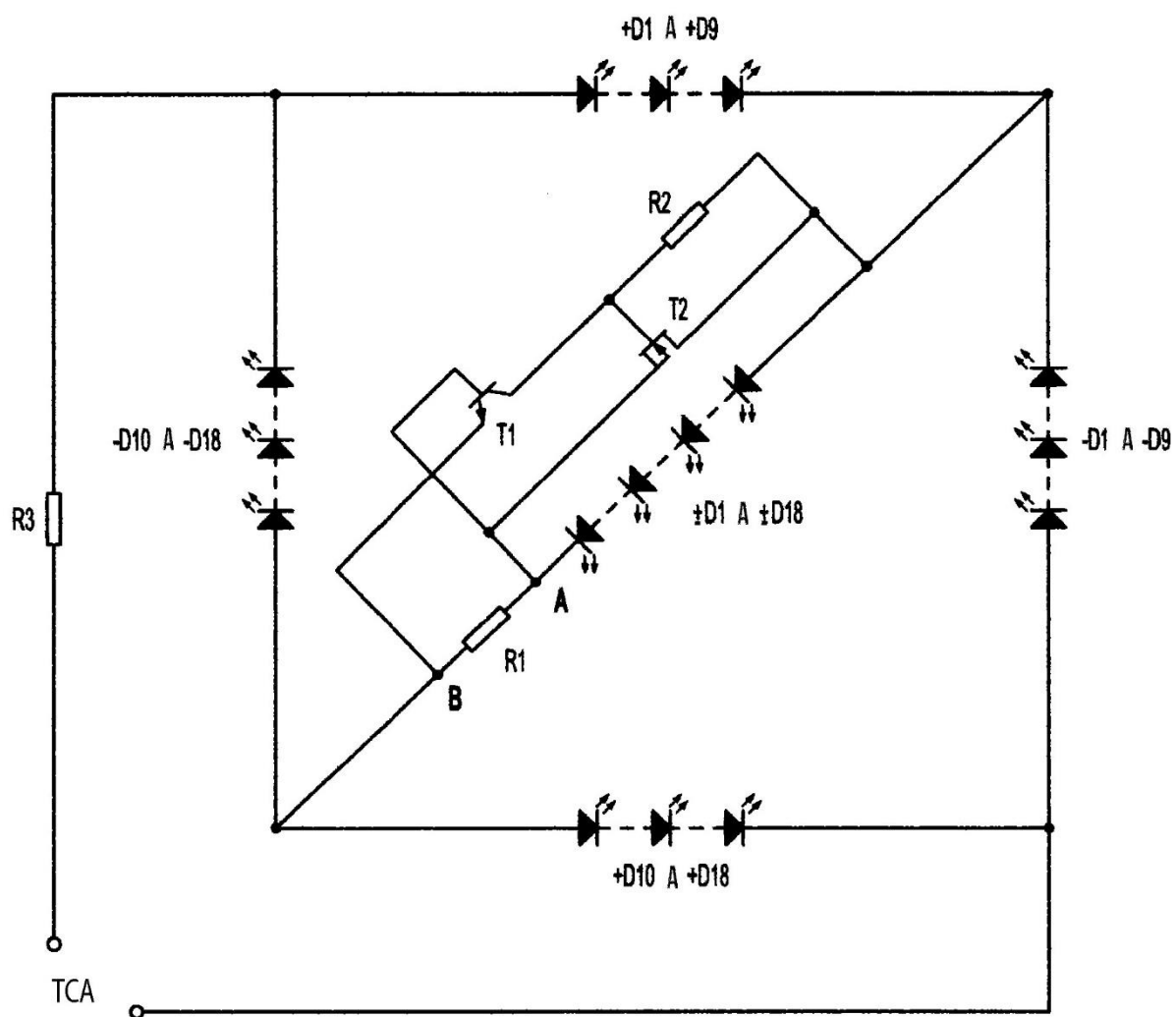


FIG. 8

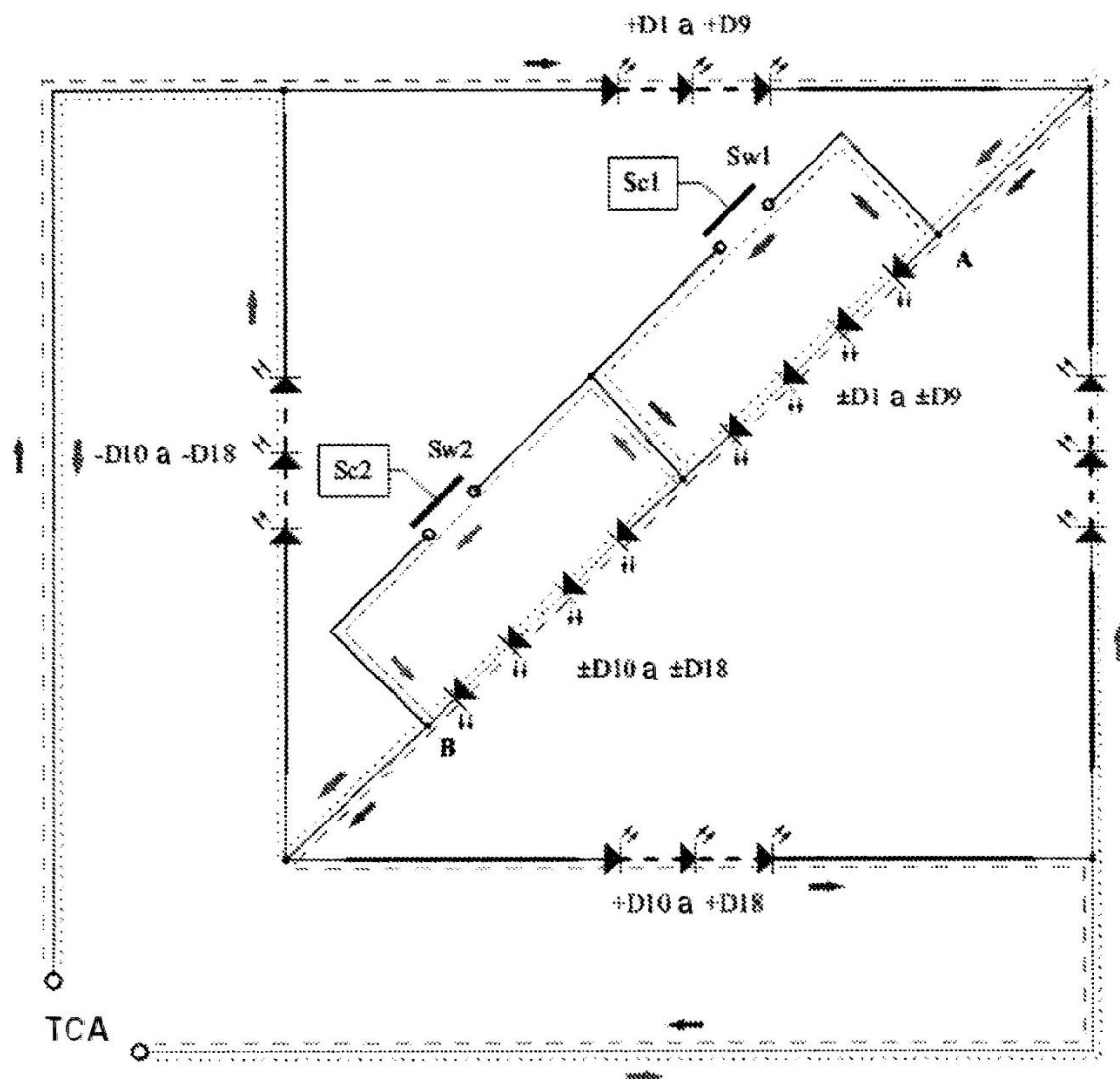


FIG. 9

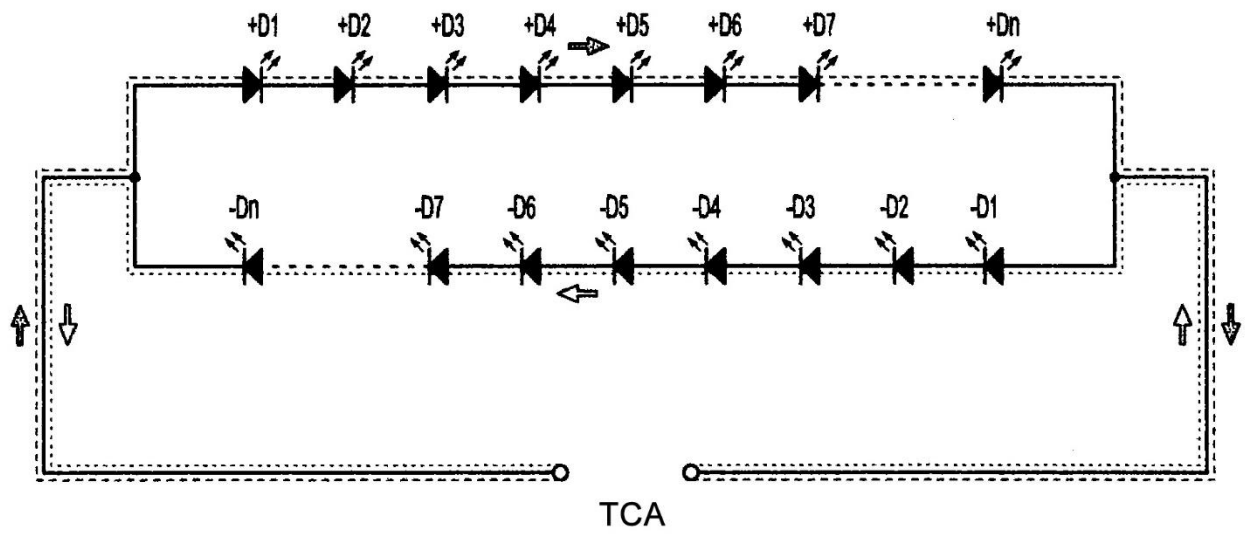


FIG. 10

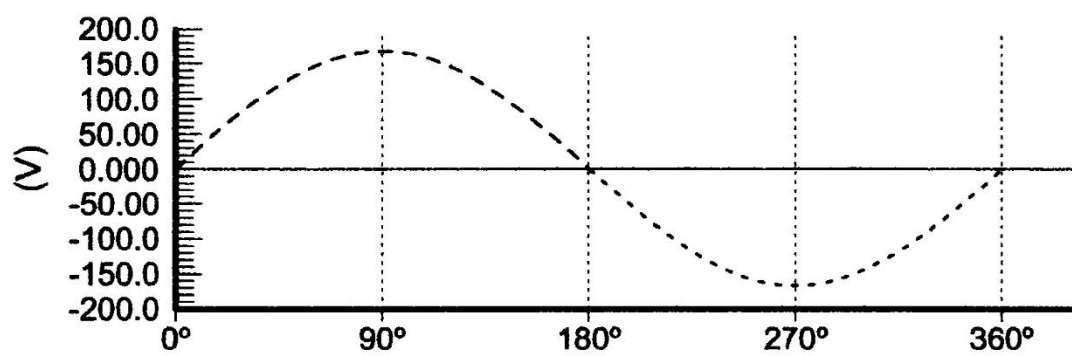


FIG. 11

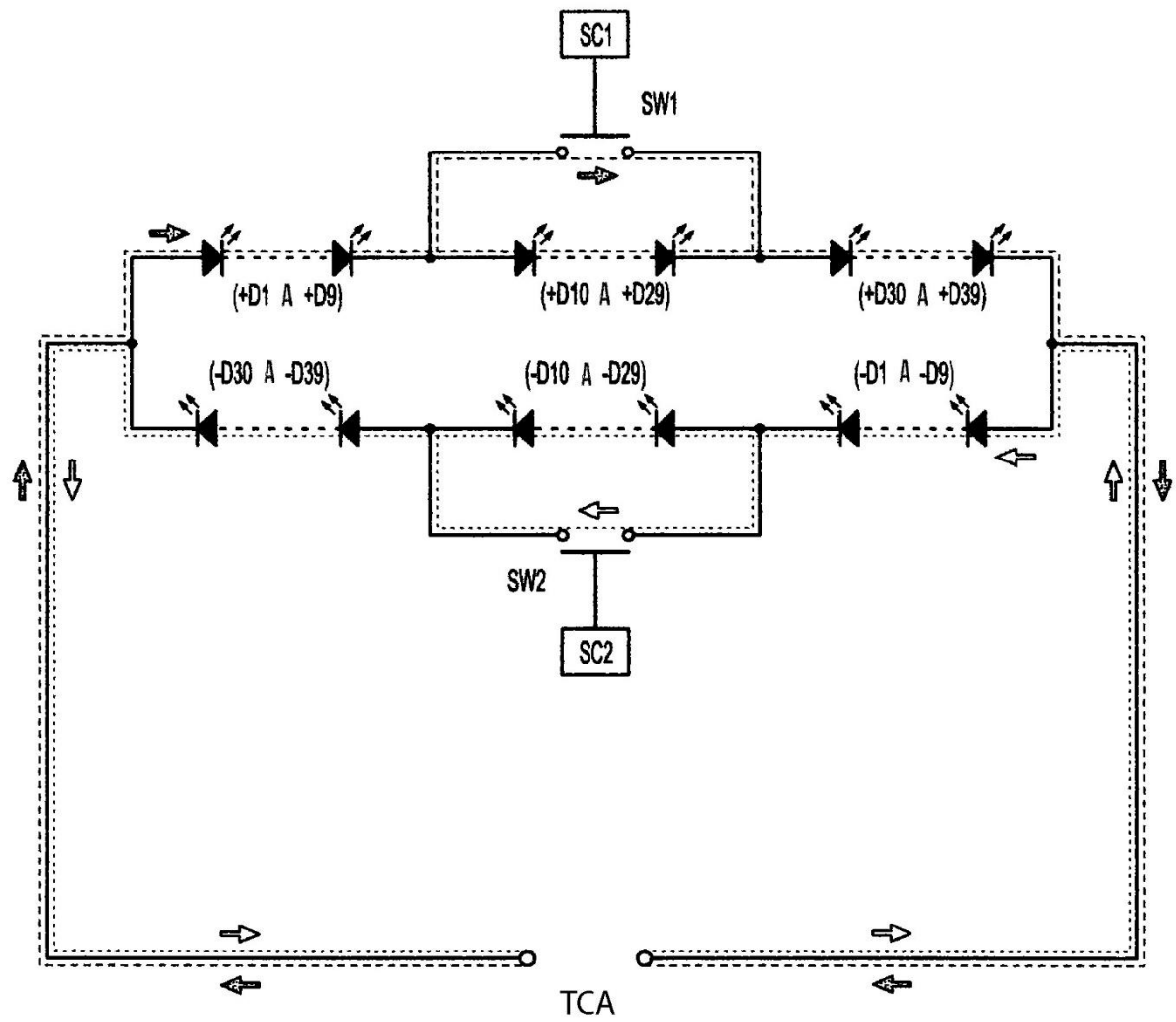


FIG. 12

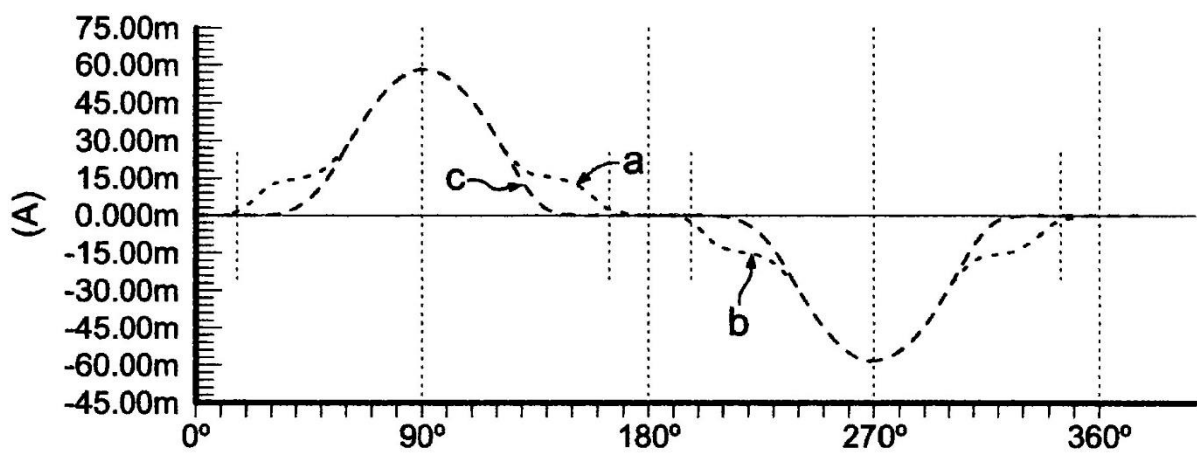


FIG. 13

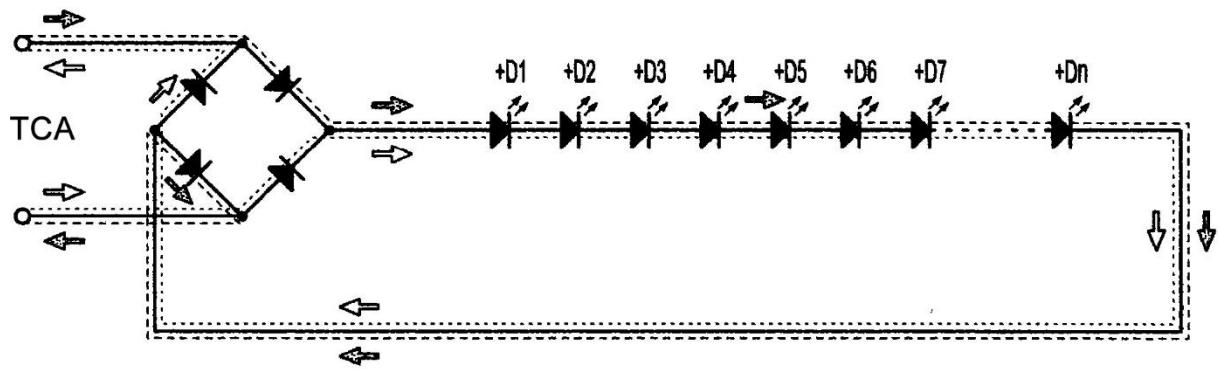


FIG. 14

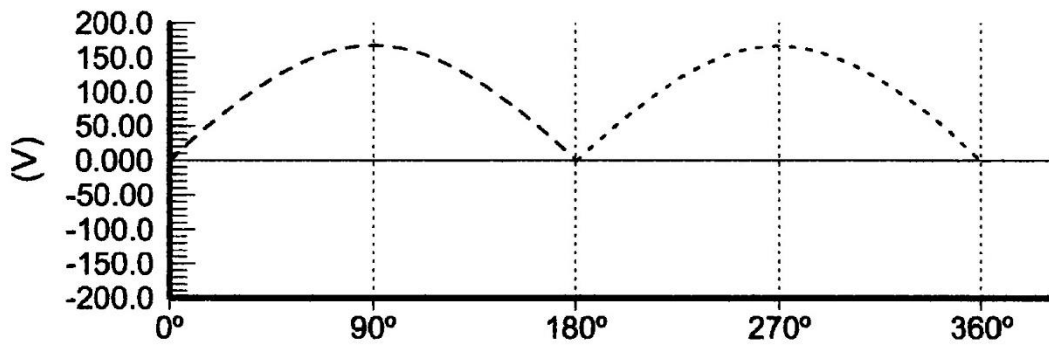


FIG. 15

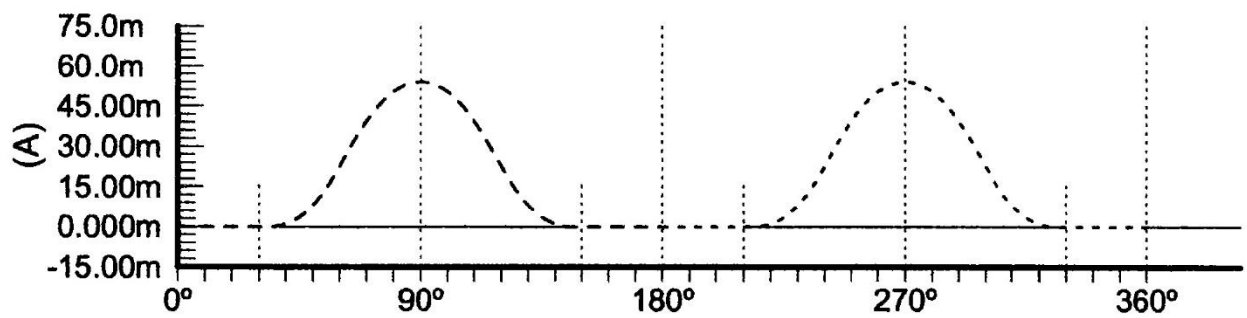


FIG. 16

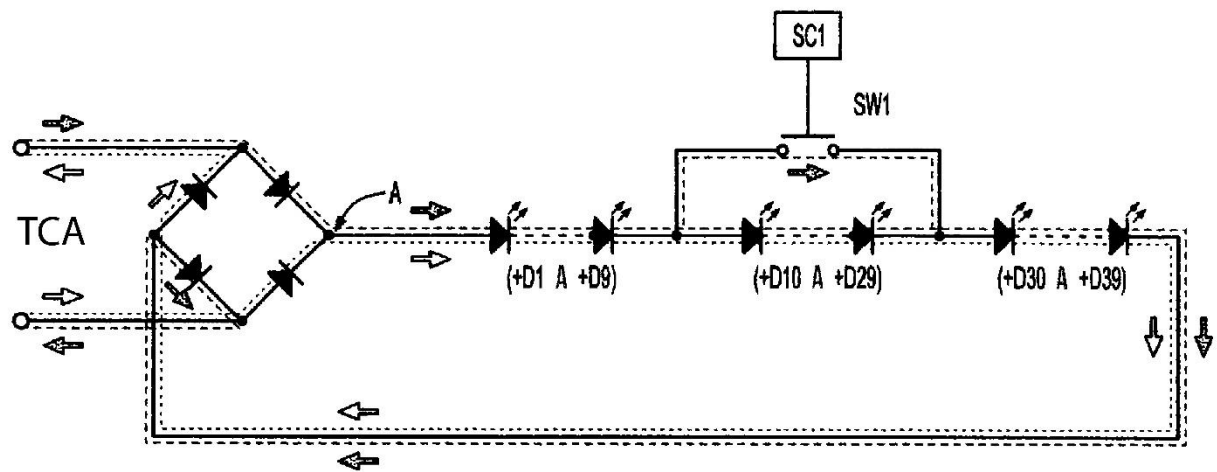


FIG. 17

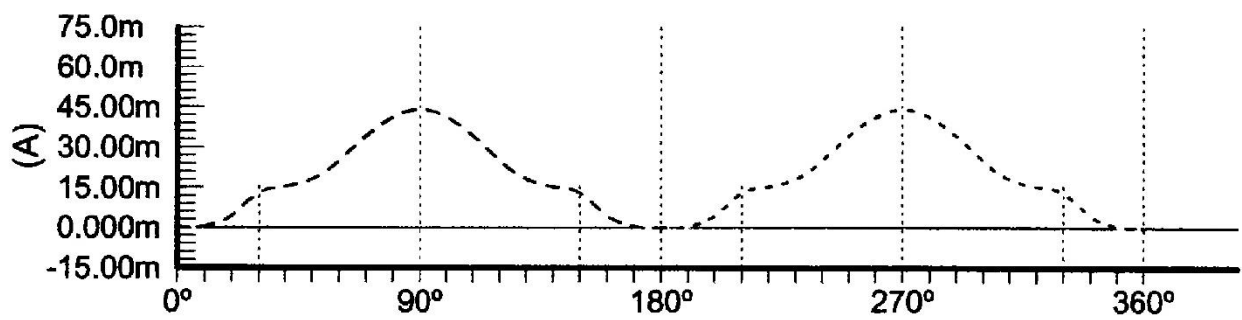


FIG. 18

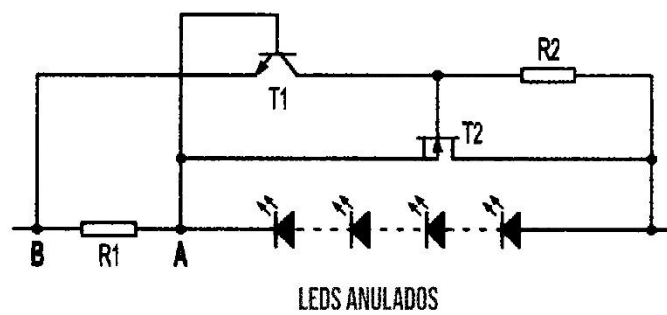


FIG. 19

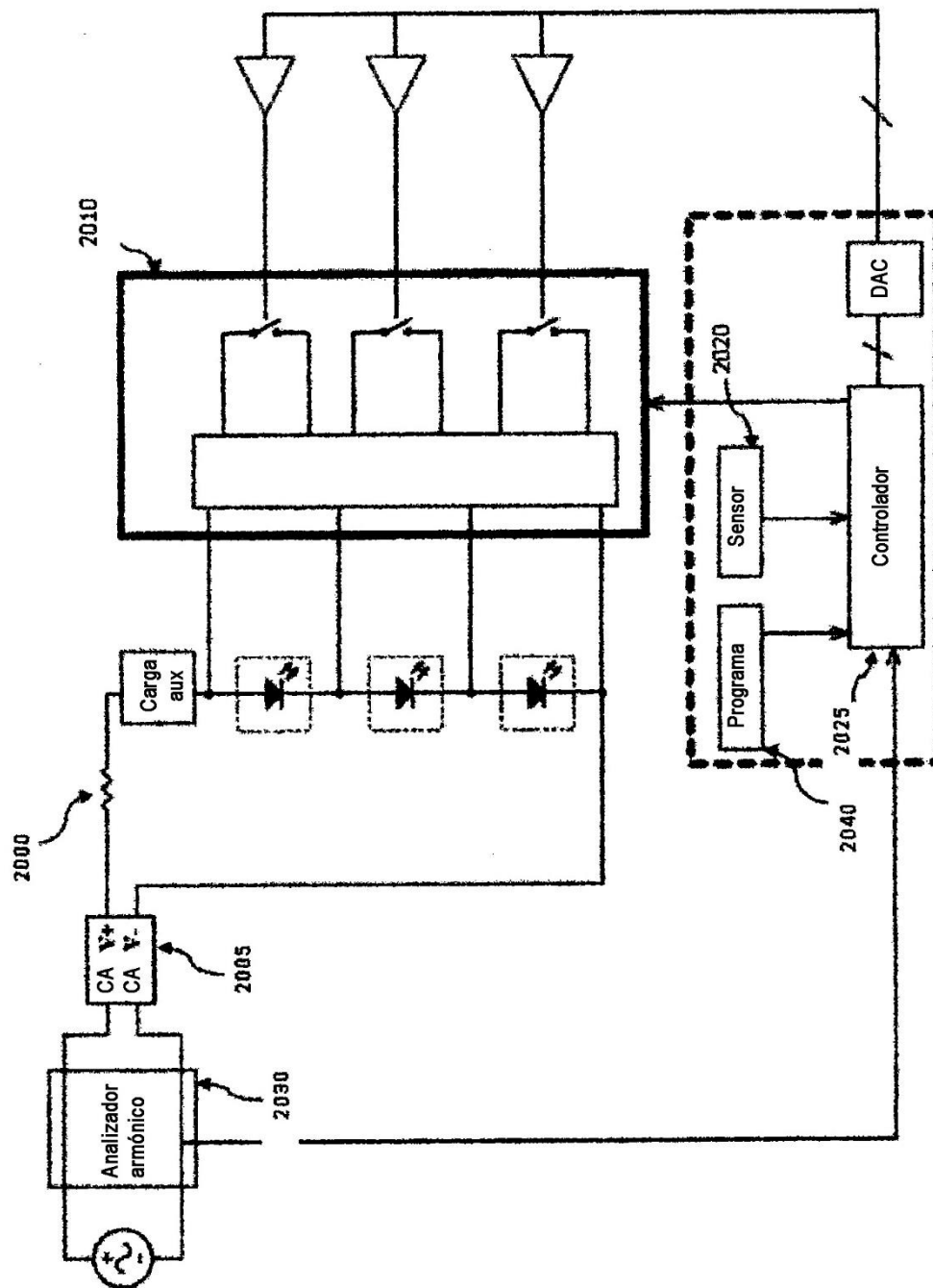


FIG. 20

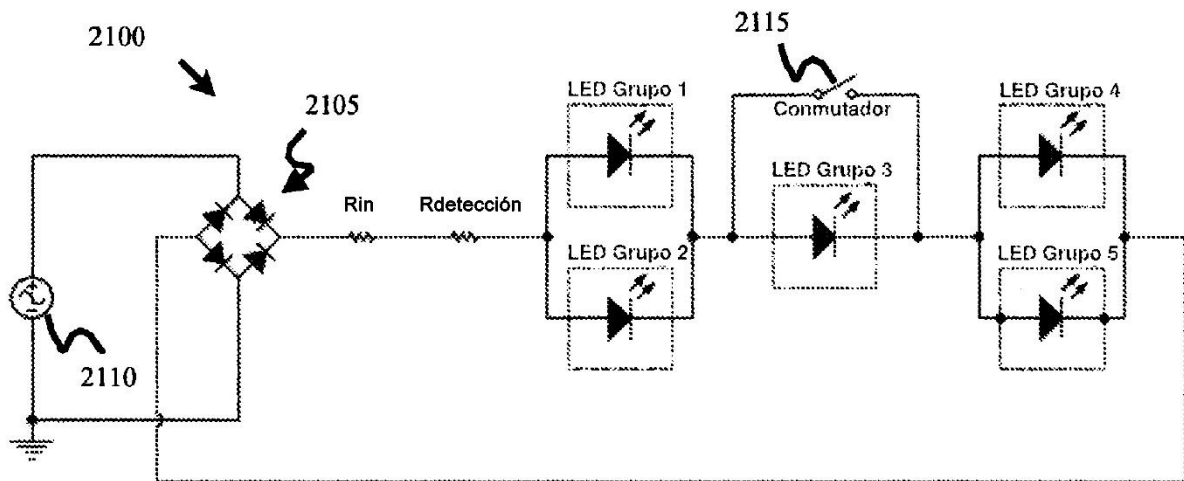


FIG. 21

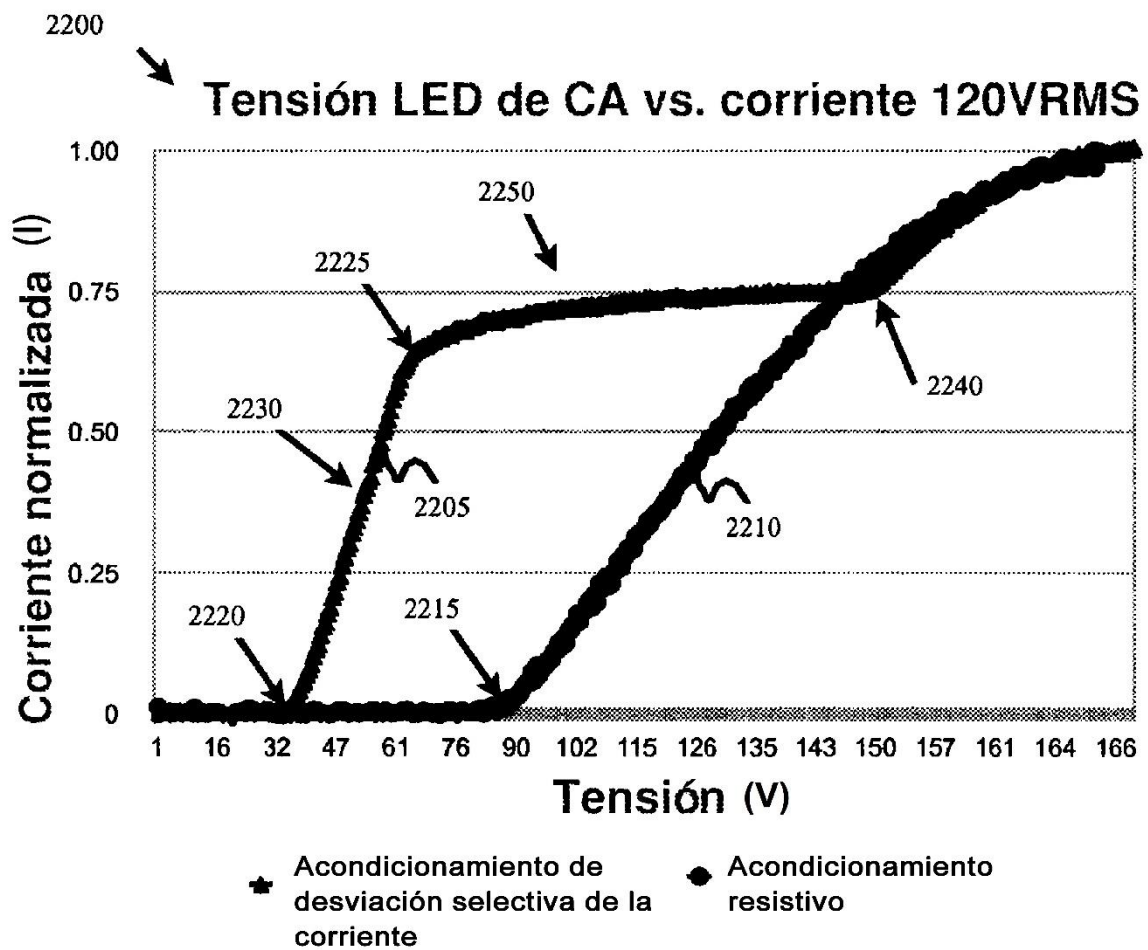


FIG. 22

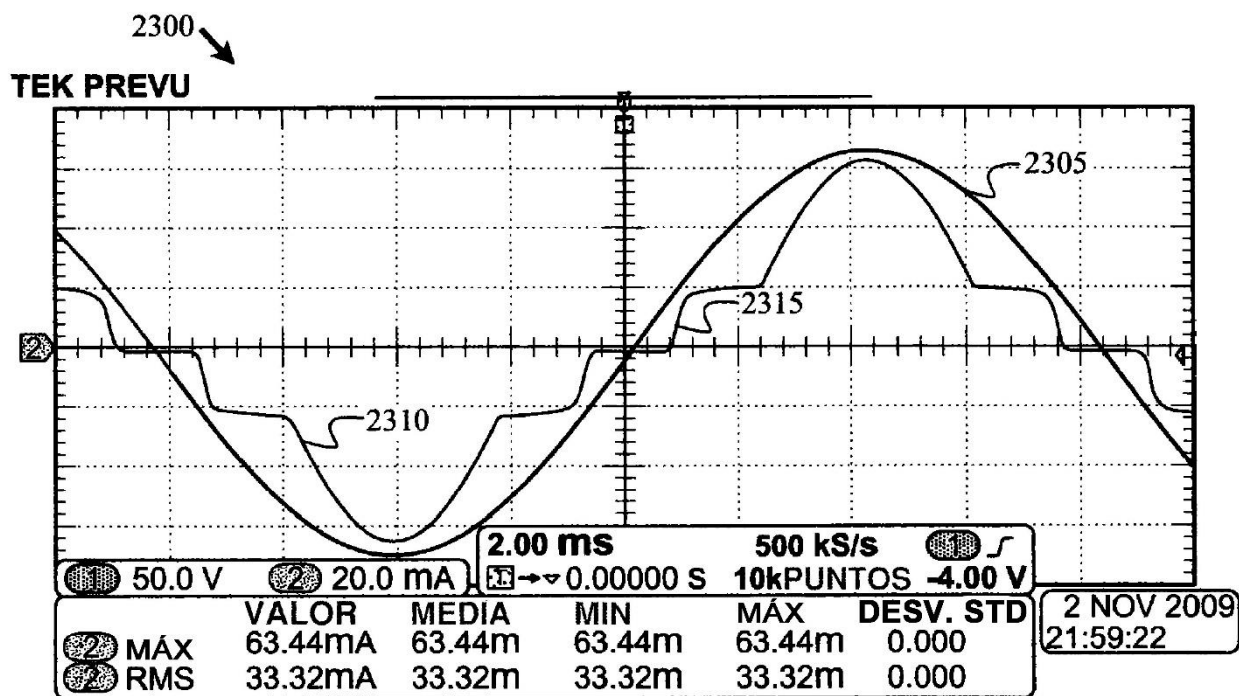


FIG. 23

Calidad de potencia					
	Valor	Media	Mín	Máx	Desv. Std
V RMS	119.9V	119.8	119.8	119.9	11.22 m
V Factor de cresta	1.430	1.434	1.430	1.440	3.674 m
Frecuencia	59.99 Hz	59.99	59.98	60.01	11.79 m
I RMS	64.30 mA	64.29 m	64.27 m	64.30 m	14.16 µ
I Factor de cresta	1.596	1.600	1.596	1.610	5.274 m
Potencia real	7.608 W	7.605	7.601	7.608	2.581 m
Potencia aparente	7.707 VA	7.705	7.701	7.707	2.394 m
Potencia reactiva	1.234 VAR	1.234	1.233	1.237	1.352 m
Factor de potencia	987.1 m	987.1 m	987.0 m	987.1 m	34.58 µ
Ángulo de fase	9.212 °	9.216	9.210	9.242	12.36 m

FIG. 24

Armónicos				
THD-F	16.1%			
THD-R	15.8%			
RMS	64.1 mA			
	Frec	Mag	Mag RMS	Fase
	(Hz)	(%)	(A)	(°)
1	59.97	100	63.3m	0.00
3	179.9	3.64	2.30m	174
5	299.8	5.31	3.36m	-5.53
7	419.8	11.1	7.05m	179
9	539.7	7.93	5.01m	-180
11	659.6	2.71	1.71m	-178
13	779.6	1.78	1.12m	171
15	899.5	1.28	808µ	3.82
17	1.019k	3.18	2.10m	-1.03
19	1.139.k	1.82	1.15m	1.48

Use 'Armónicos → Visualizar → Select' para seleccionar un armónico

FIG. 25

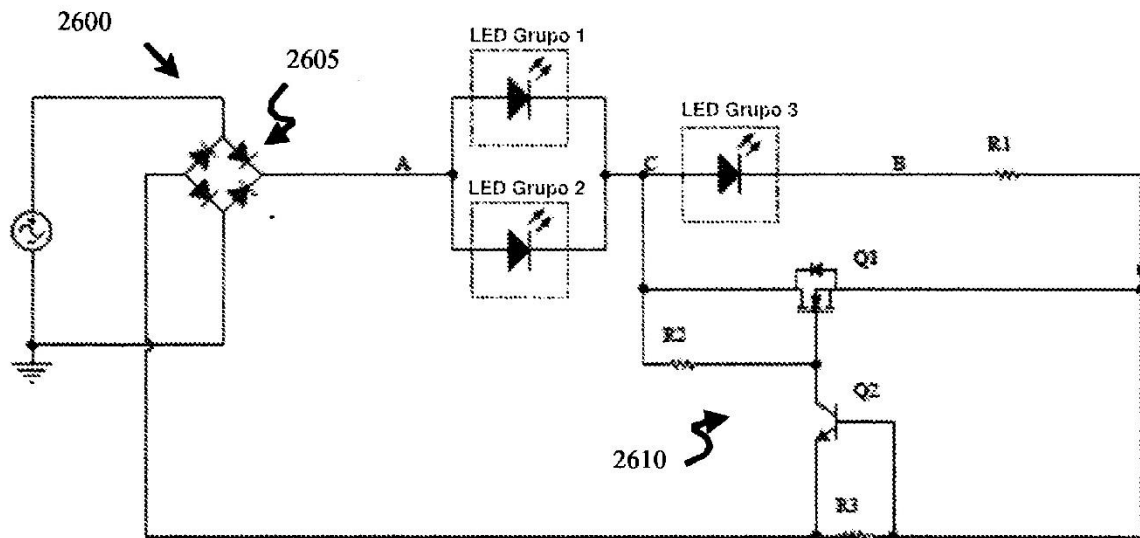


FIG. 26

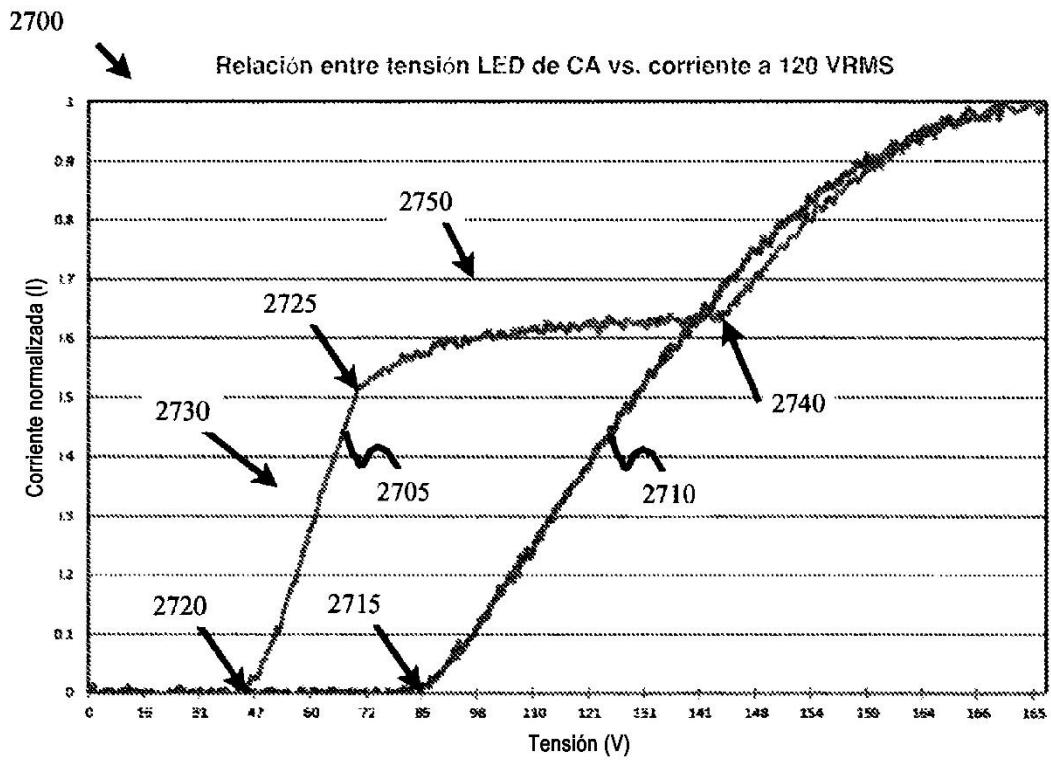


FIG. 27

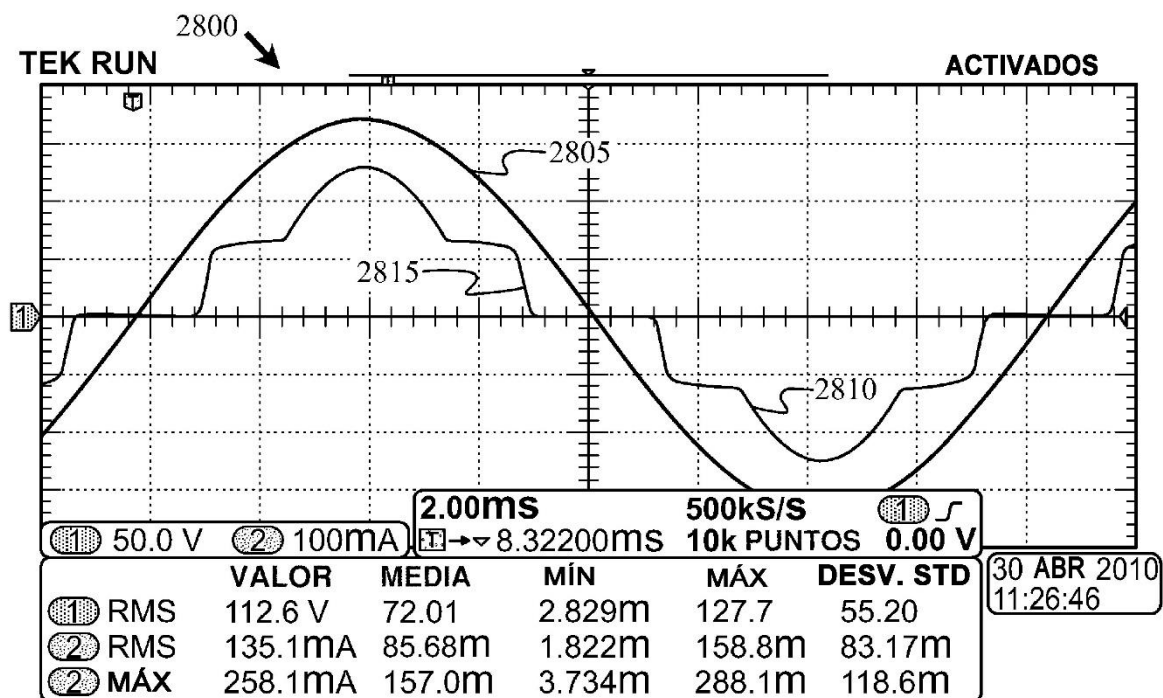


FIG. 28

Calidad de potencia					
	Valor	Media	Mín	Máx	Desv. Std
V RMS	120.4 V	97.94	94.07	120.5	9.400
V Factor de cresta	1.428	2.693	1.428	4.409	1.339
Frecuencia	59.99 Hz	26.26k	59.96	416.7k	83.98k
I RMS	148.0mA	50.47m	2.365m	148.0m	57.52m
I Factor de cresta	1.775	2.581	1.524	5.604	1.122
Potencia real	17.23 W	17.21	17.18	17.23	21.93m
Potencia aparente	17.82 VA	5.045	18.43μ	17.82	7.085
Potencia reactiva	4.549 VAR	4.538	4.531	4.549	6.918m
Factor de potencia	966.9m	966.9m	966.9m	967.0m	65.99μ
Ángulo de fase	14.79°	14.77	14.76	14.79	14.83m

FIG. 29

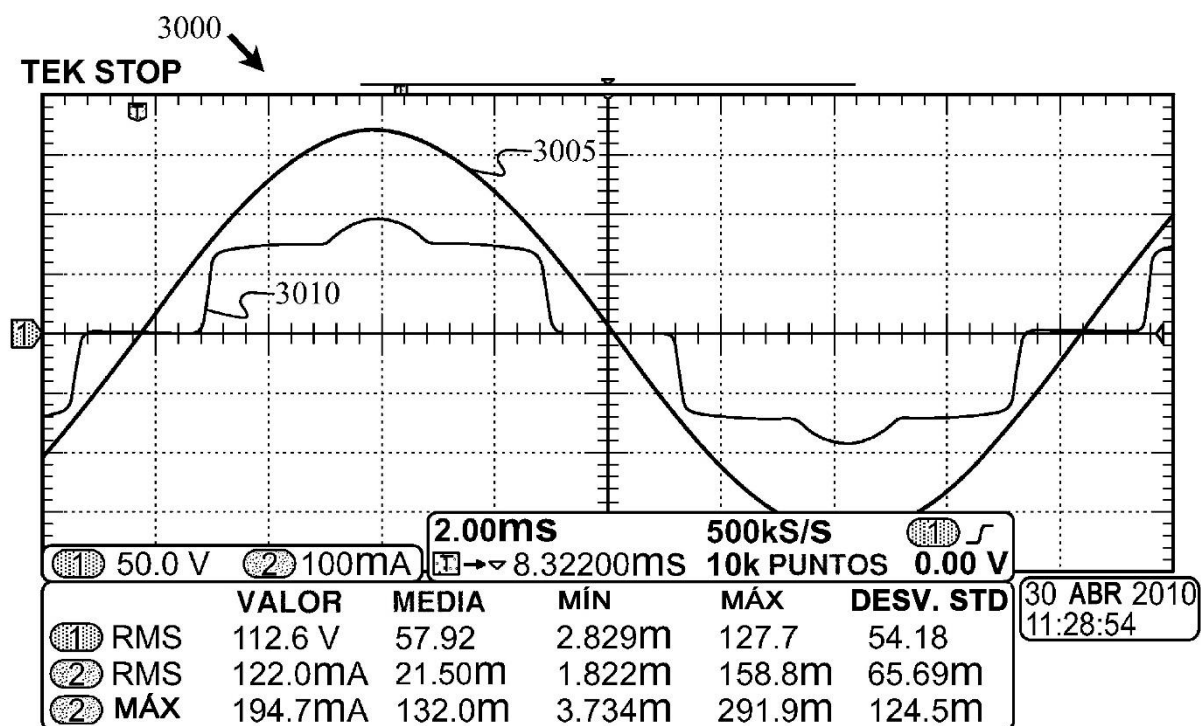


FIG. 30

Calidad de potencia					
	Valor	Media	Mín	Máx	Desv. Std
V RMS	120.4 V	120.1	94.07	120.5	2.771
V Factor de cresta	1.431	1.917	1.427	4.409	1.034
Frecuencia	60.01 Hz	10.15k	59.87	416.7k	53.41k
I RMS	129.6mA	110.7m	2.365m	155.1m	60.33m
I Factor de cresta	1.511	2.065	1.511	5.604	810.5m
Potencia real	15.26 W	15.25	15.24	15.26	7.192m
Potencia aparente	15.60 VA	12.93	18.43μ	18.68	7.732
Potencia reactiva	3.271 VAR	3.273	3.270	3.282	5.985m
Factor de potencia	977.8m	977.7m	977.6m	977.8m	98.38μ
Ángulo de fase	12.10°	12.11	12.09	12.15	26.84m

FIG. 31

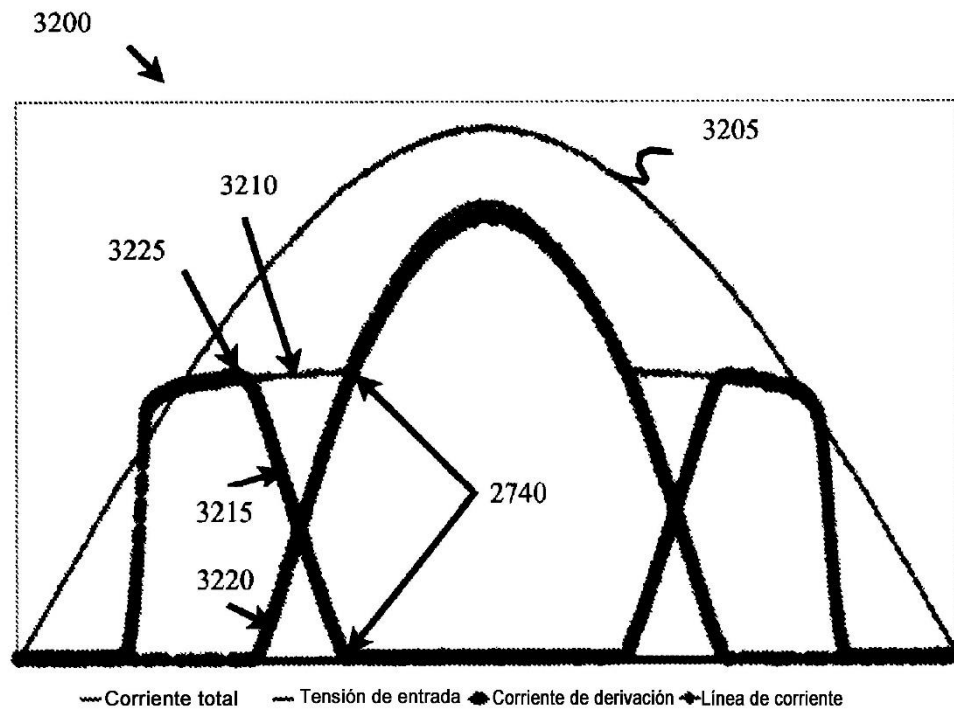
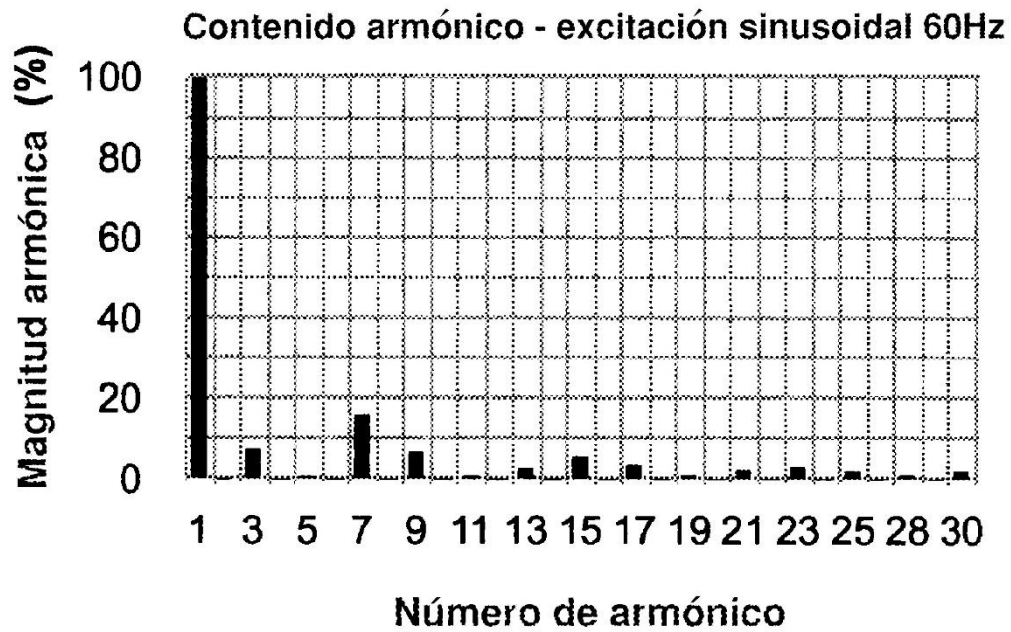


FIG. 32

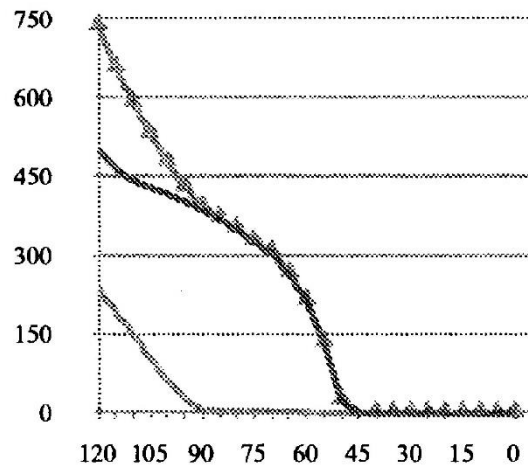
Calidad de potencia					
	Valor	Media	Mín	Máx	Desv. Std
V RMS	121.1 V	115.7	2.710m	121.2	23.06
V Factor de cresta	1.424	1.506	1.420	4.428	470.2m
Frecuencia	60.04 Hz	3.686k	59.95	156.3k	22.12k
I RMS	25.66mA	24.64m	496.6μ	25.66m	4.012m
I Factor de cresta	1.620	1.746	1.592	9.367	897.4m
Potencia real	3.042 W	3.042	3.039	3.043	1.398m
Potencia aparente	3.107 VA	2.939	19.67μ	3.109	634.8m
Potencia reactiva	633.0mVA	633.3m	633.0m	633.7m	292.2μ
Factor de potencia	979.0m	979.0m	978.9m	979.0m	35.52μ
Ángulo de fase	11.75°	11.76	11.75	11.78	9.980m

FIG. 33

**FIG. 34**

THD-F	20.9 %			
THD-R	20.5 %			
RMS	25.7mA			
	Frec	Mag	Mag RMS	Fase
	(Hz)	(%)	(A)	(°)
1	59,98	100	25,1m	0,00
3	179,9	7,29	1,83m	179
5	299,9	494m	124µ	-28,6
7	419,9	15,9	4,01m	179
9	539,8	6,60	1,66m	180
11	659,8	733m	184µ	1,06
13	779,8	2,68	674µ	1,68
15	899,7	5,53	1,39m	-1,28
17	1,020k	3,35	843µ	-2,53
19	1,140k	916m	230µ	-178

FIG. 35

**FIG. 36**

Tensión	LEDs de línea Lm	LED anulado Lm	Lm Total
120	499.70	236.50	736.2
115	464.70	192.90	657.6
110	440.90	148.40	589.3
105	428.90	102.90	531.8
100	416.20	61.88	478.08
95	401.70	26.96	428.66
90	385.90	5.74	391.637
85	368.30	3.17	371.473
80	347.50	2.98	350.482
75	324.20	2.77	326.968
70	303.10	2.53	305.629
65	264.00	2.01	266.01
60	212.30	1.47	213.77
55	132.50	0.00	132.5
50	24.27	0.00	24.27
45	-0.00	0	-0.00494
40	0.00	0	0
35	0.00	0	0

FIG. 37

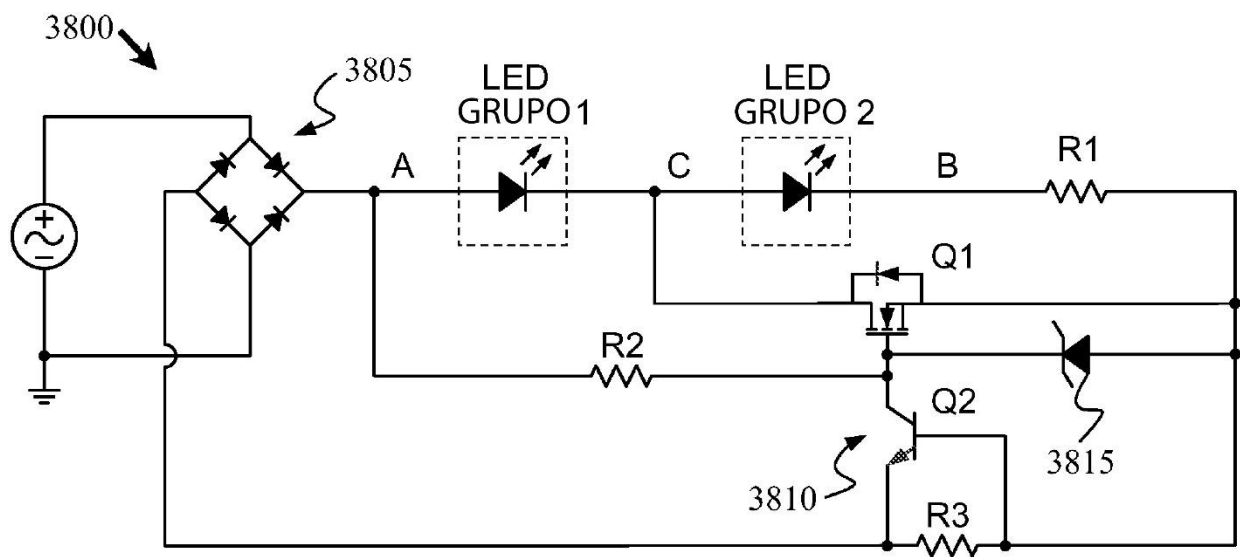


FIG. 38

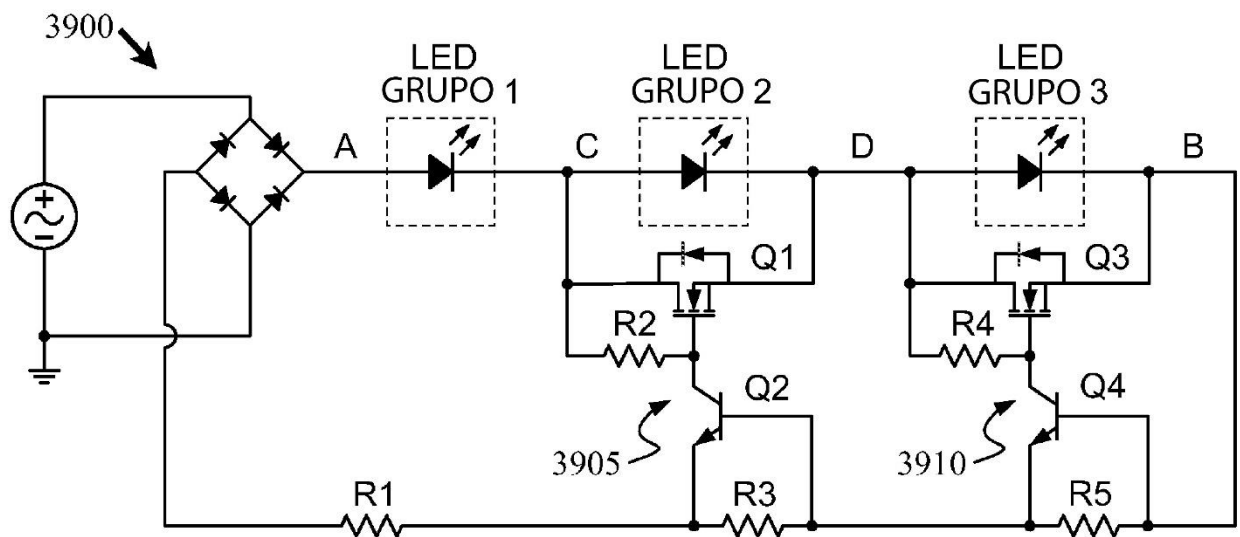


FIG. 39

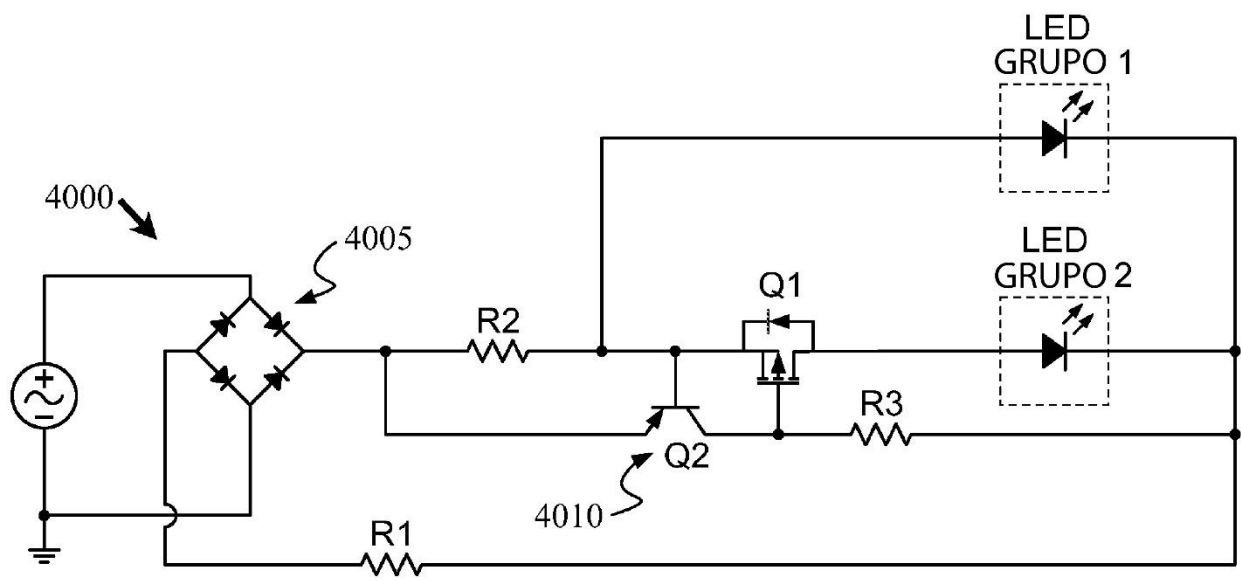


FIG. 40

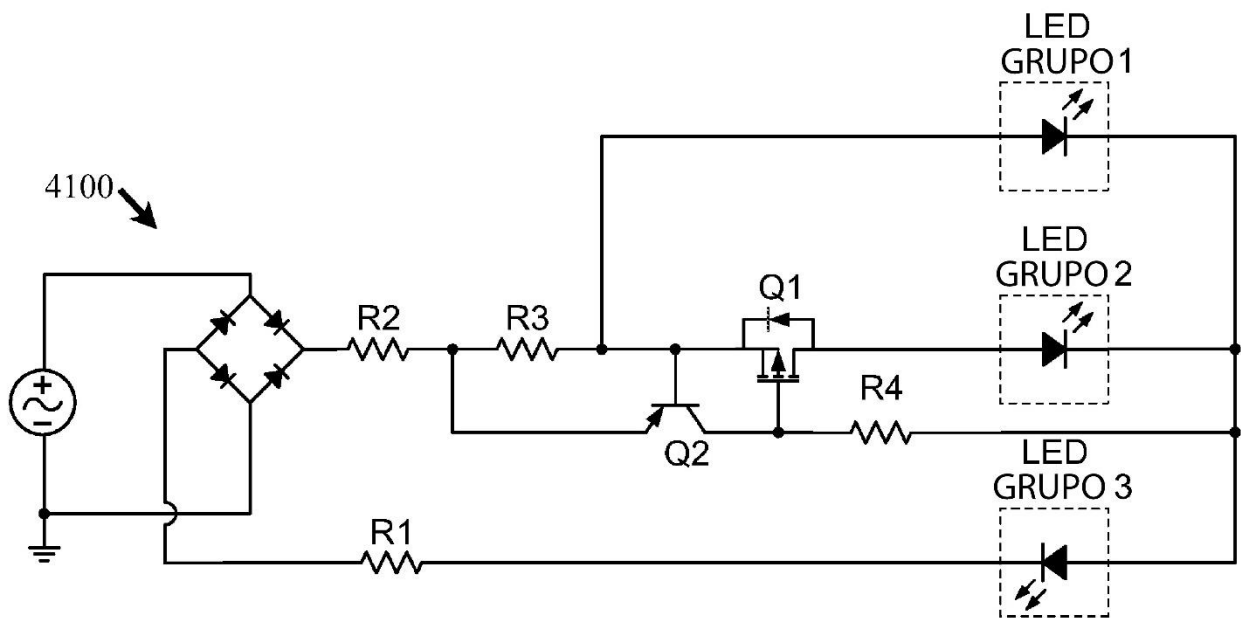


FIG. 41

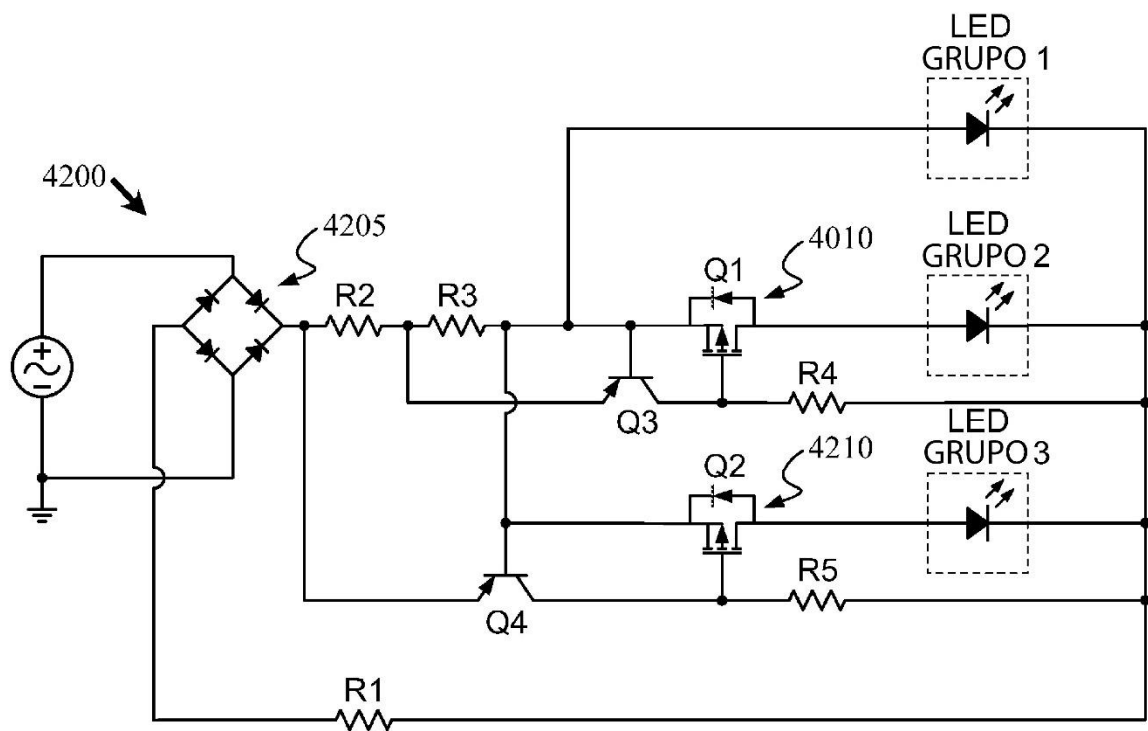


FIG. 42

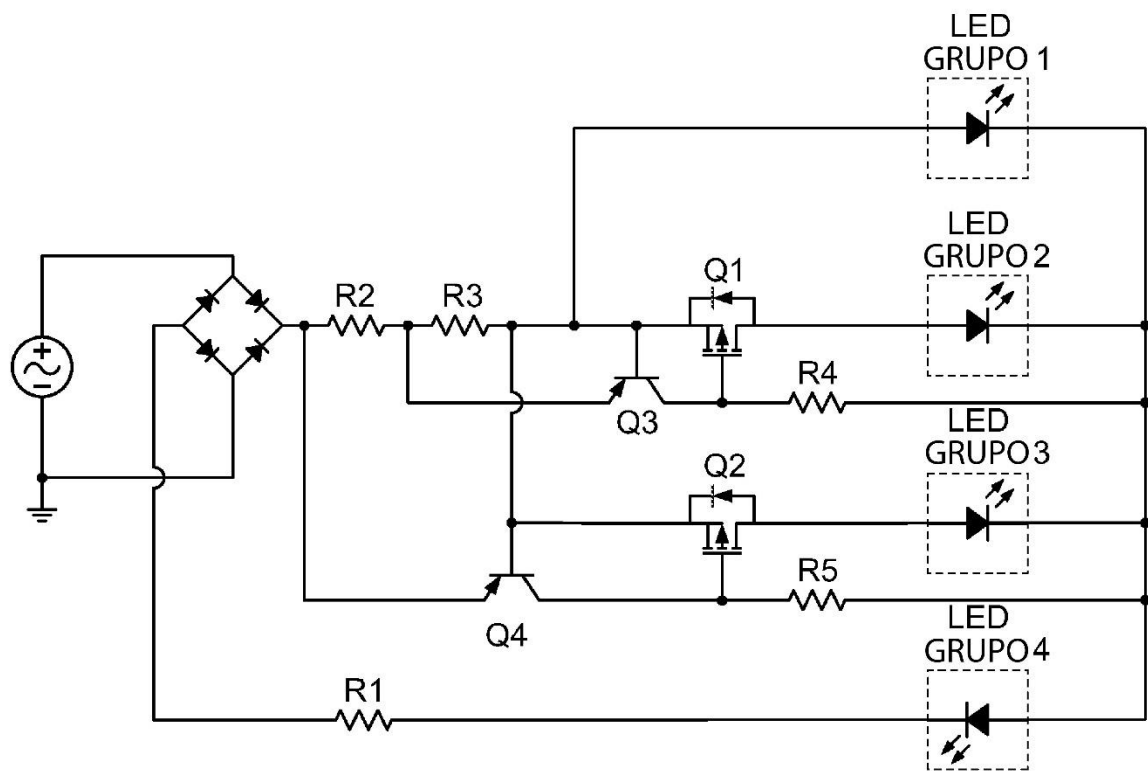


FIG. 43

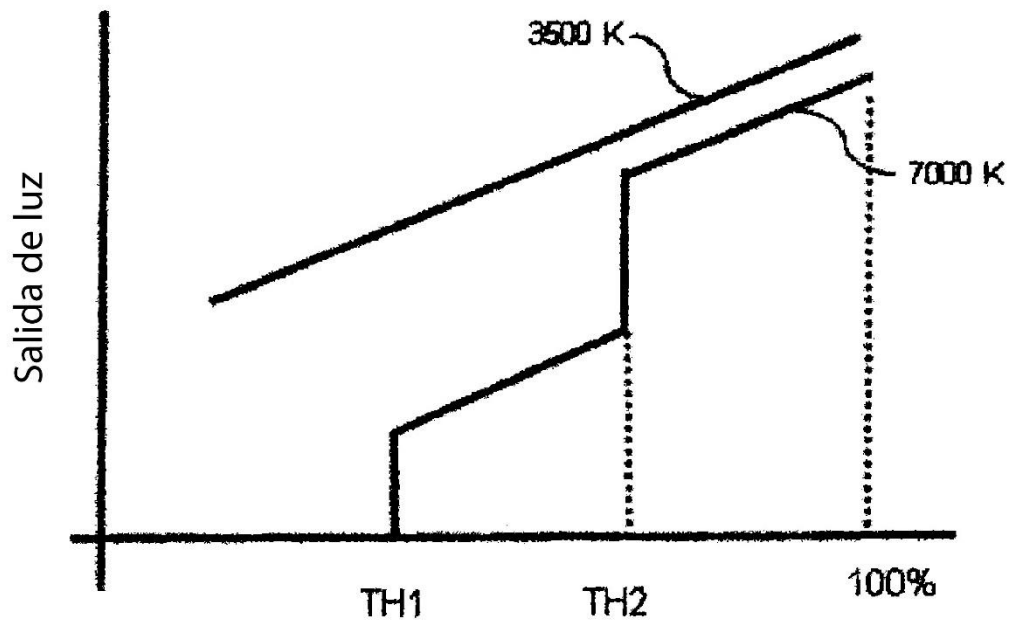


FIG. 44

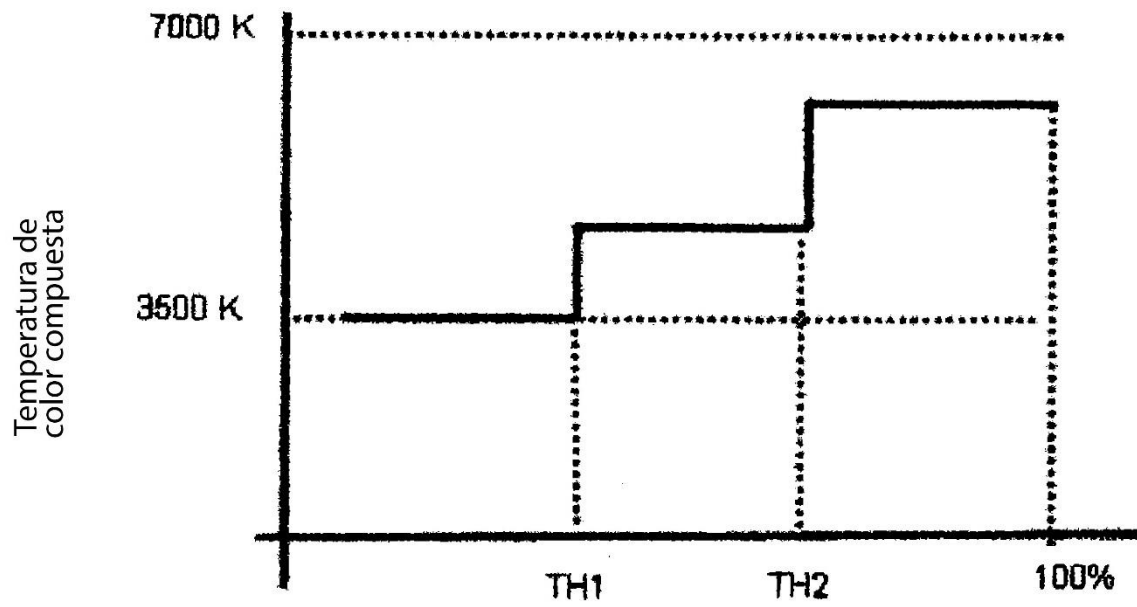


FIG. 45

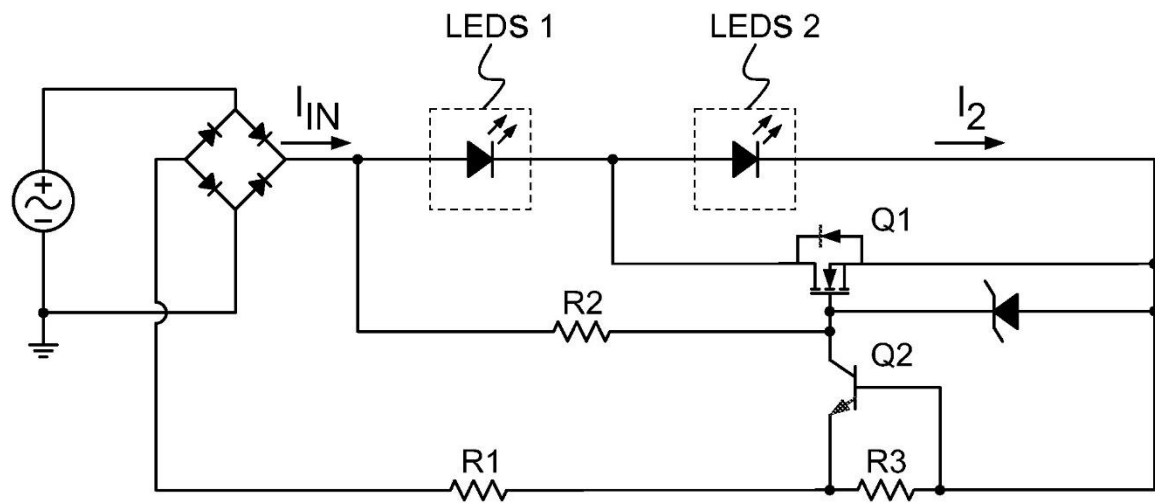


FIG. 46

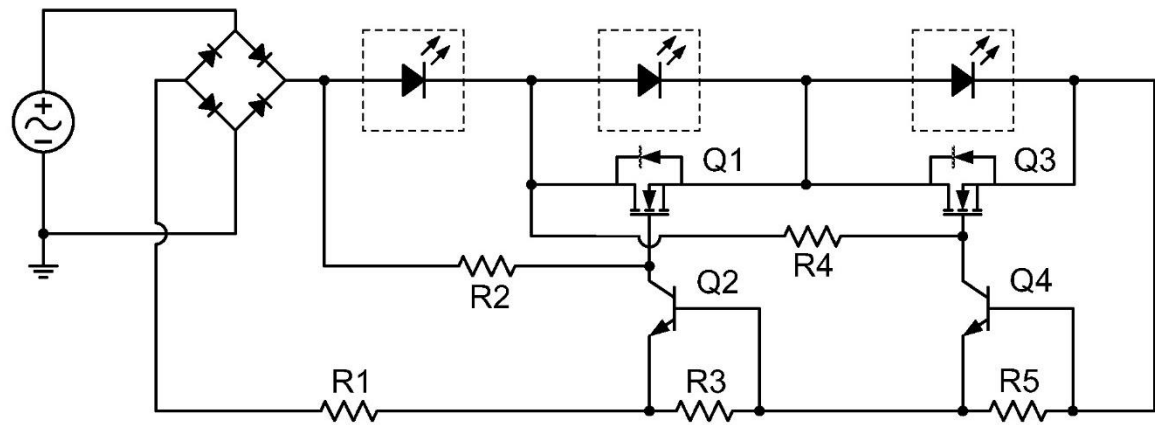


FIG. 47

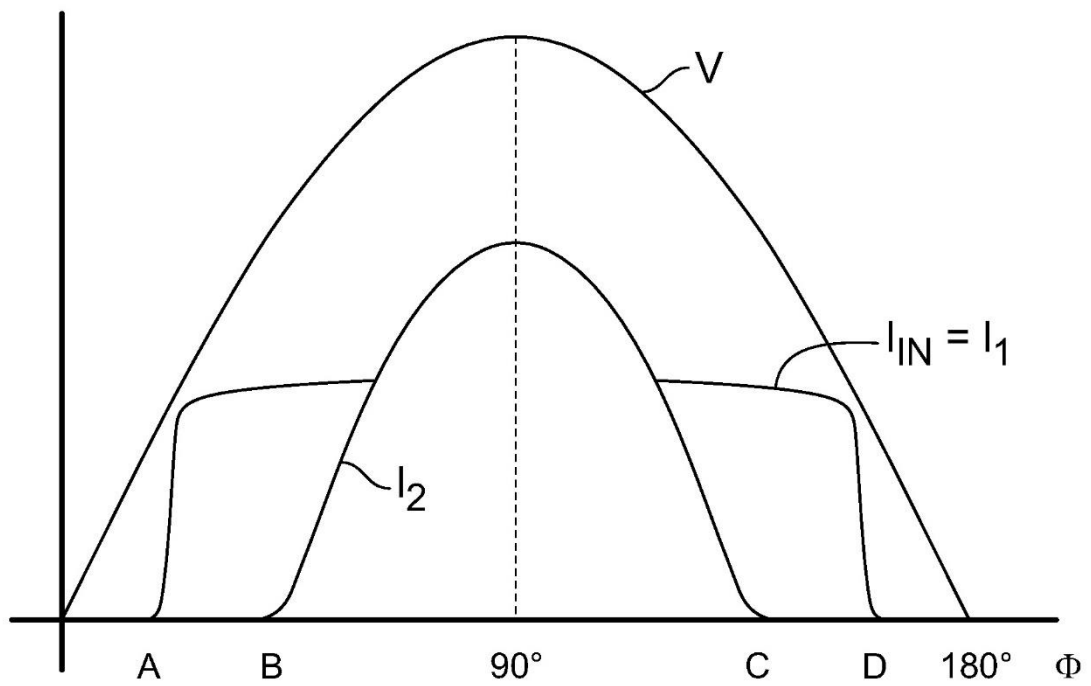


FIG. 48A

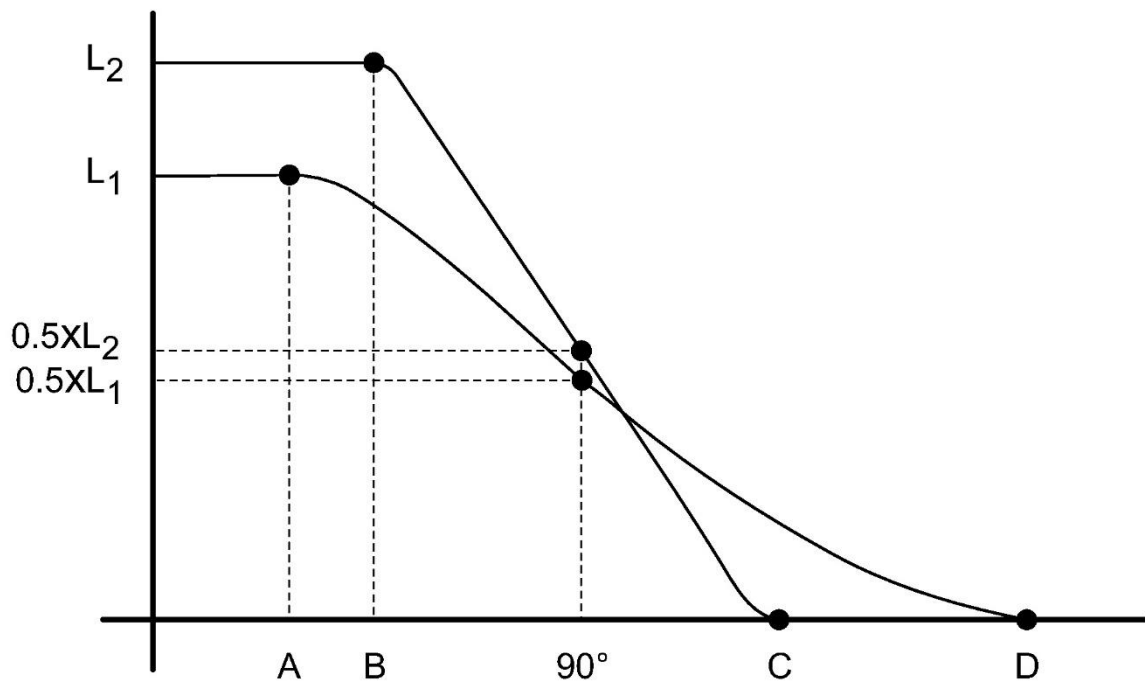


FIG. 48B

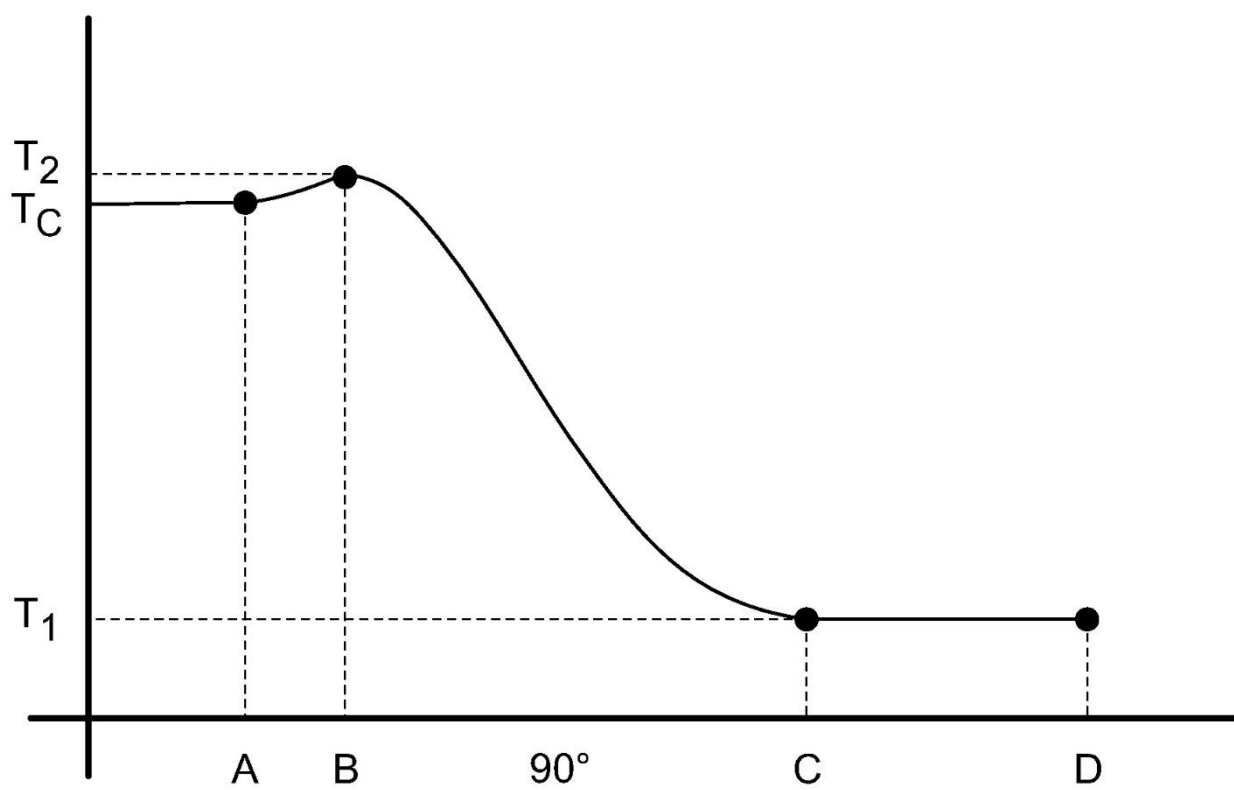


FIG. 48C

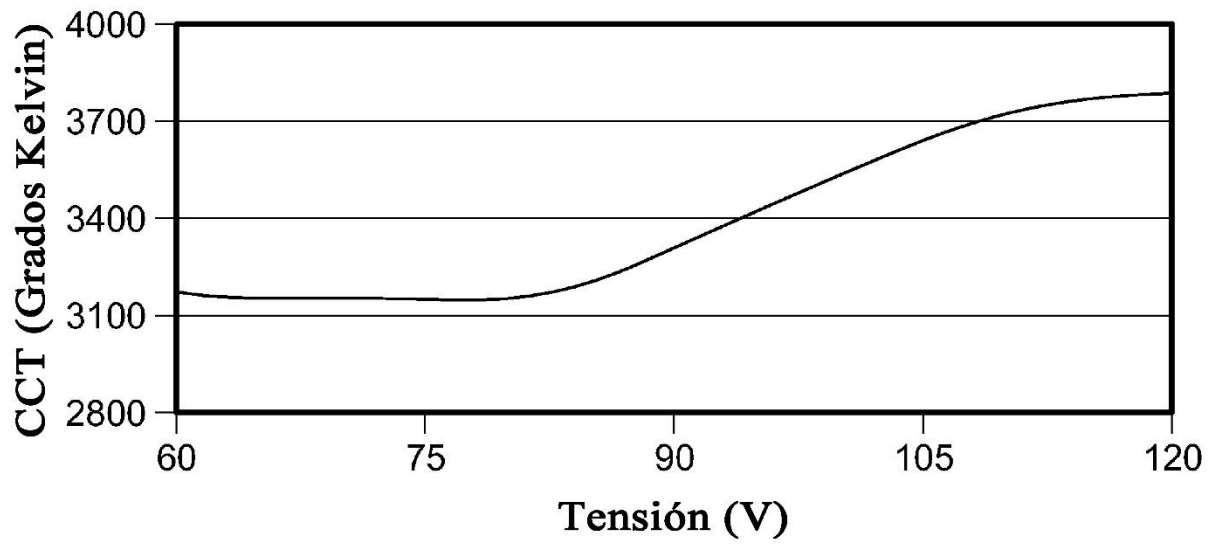


FIG. 49A

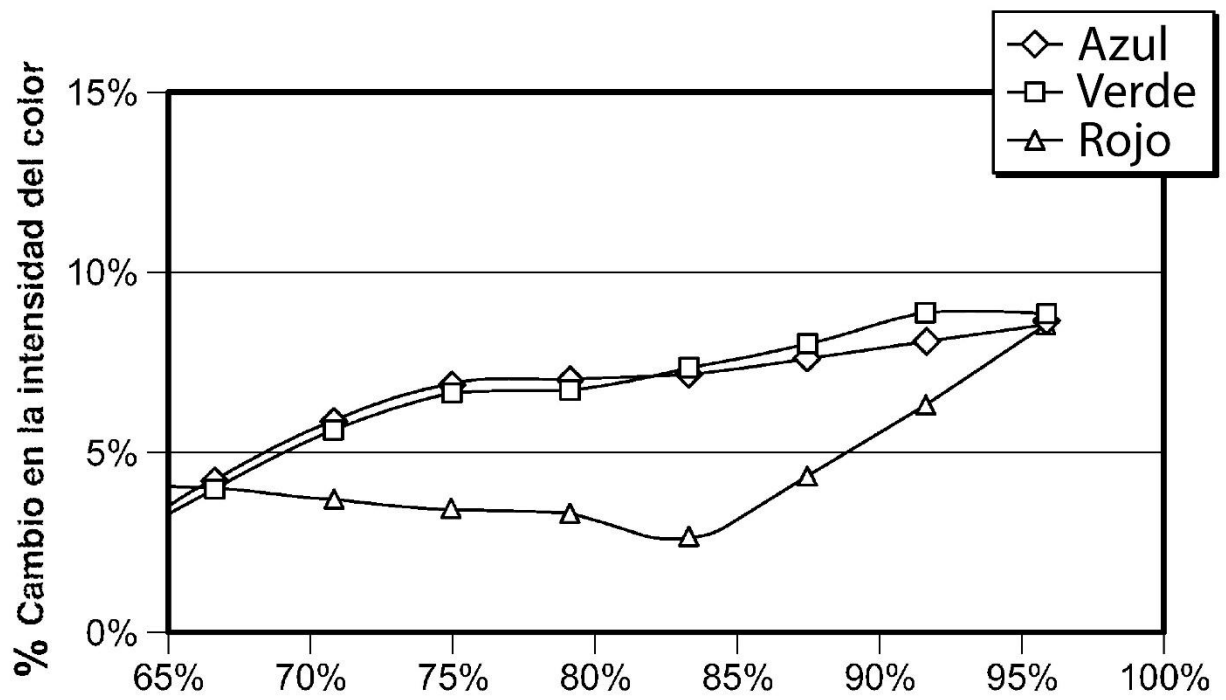


FIG. 49B

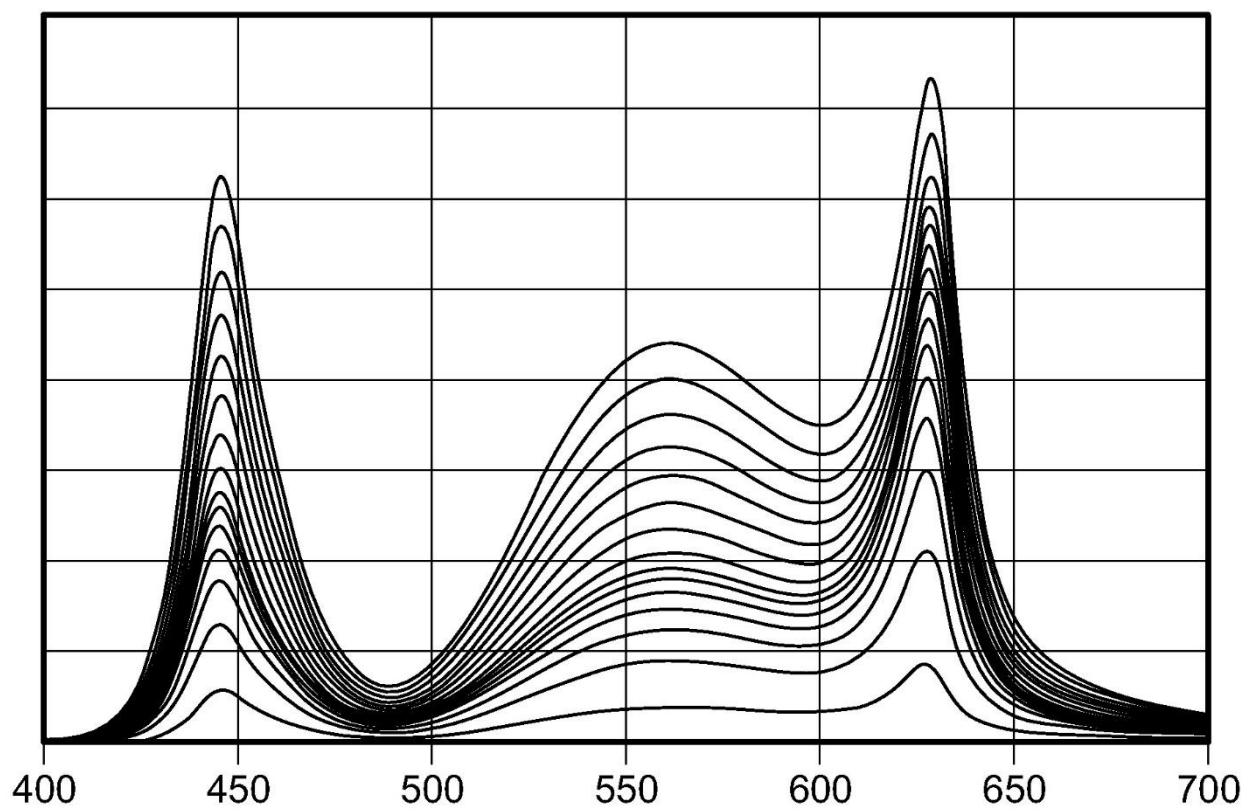


FIG. 49C

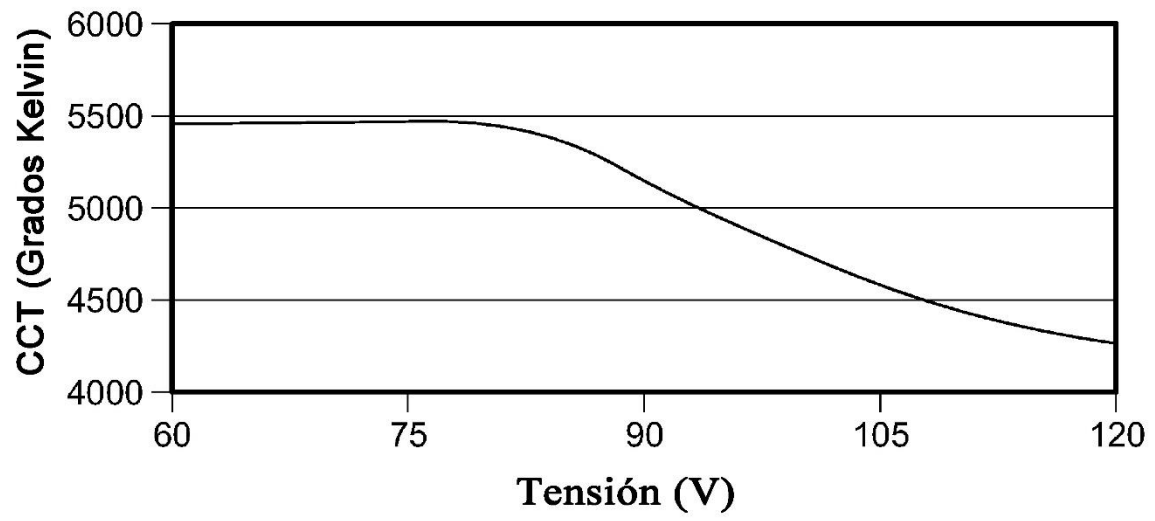


FIG. 50A

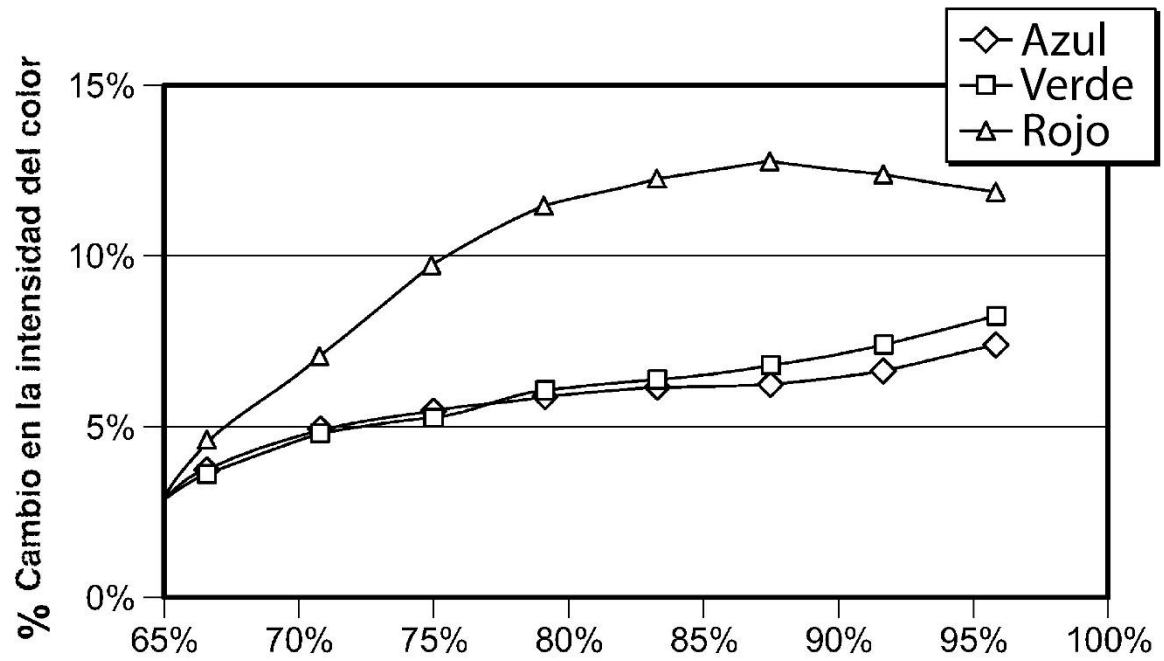


FIG. 50B

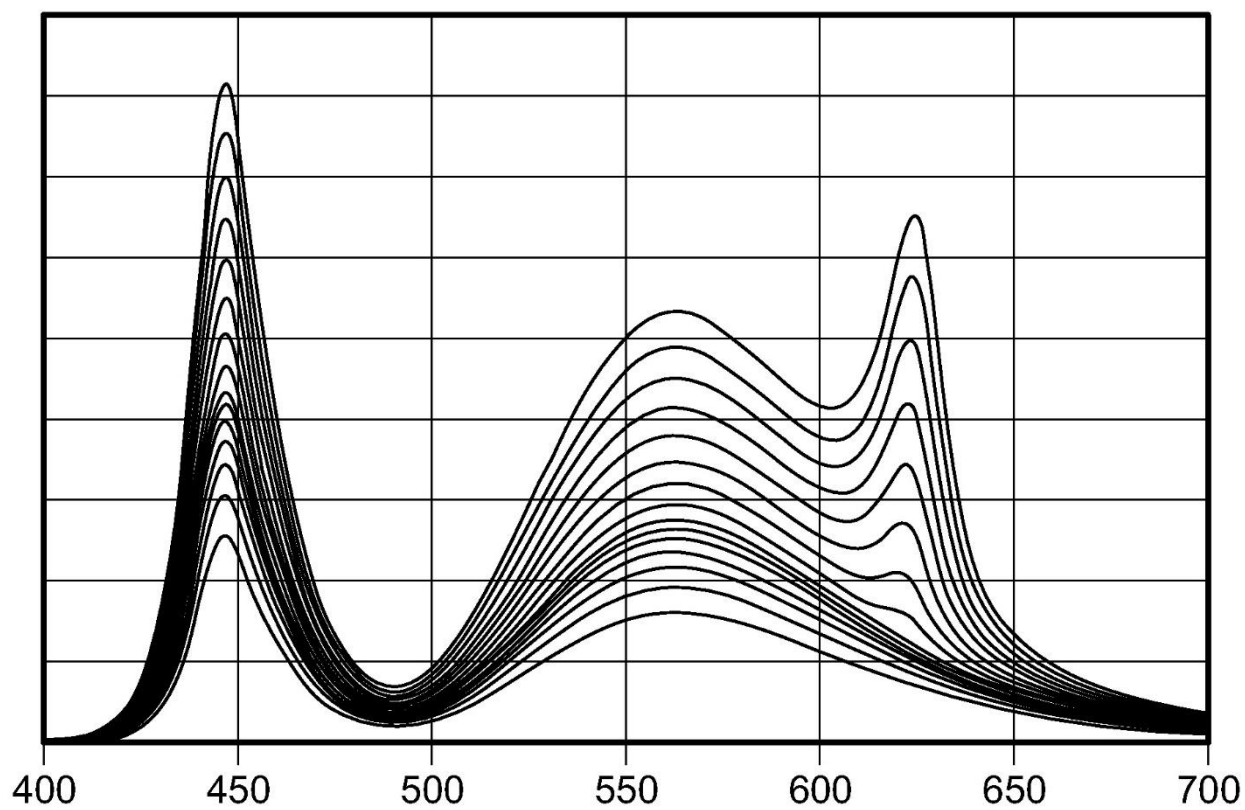


FIG. 50C

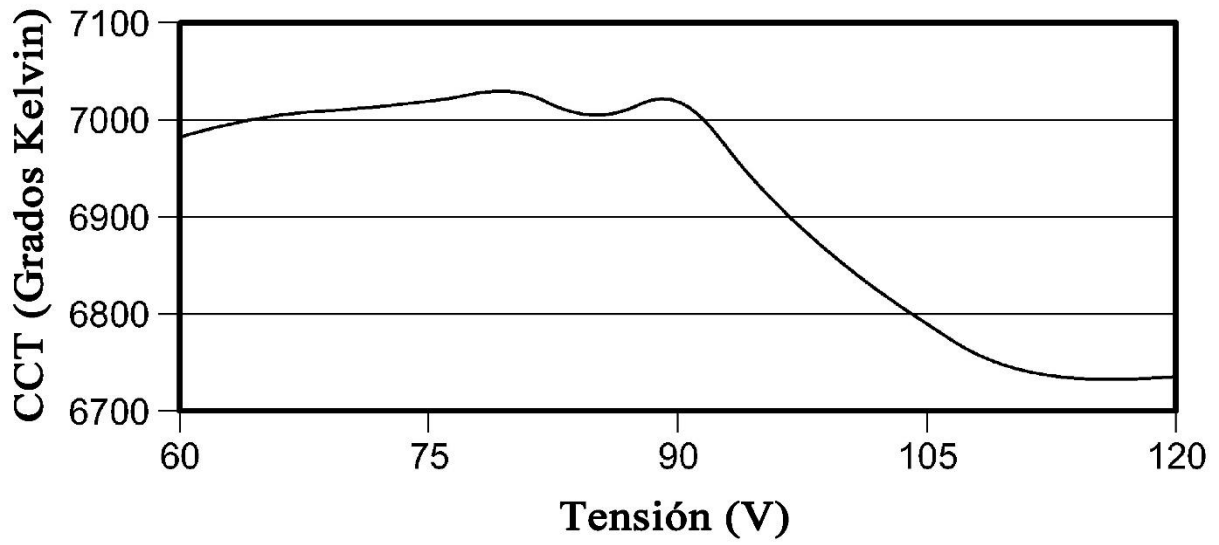


FIG. 51A

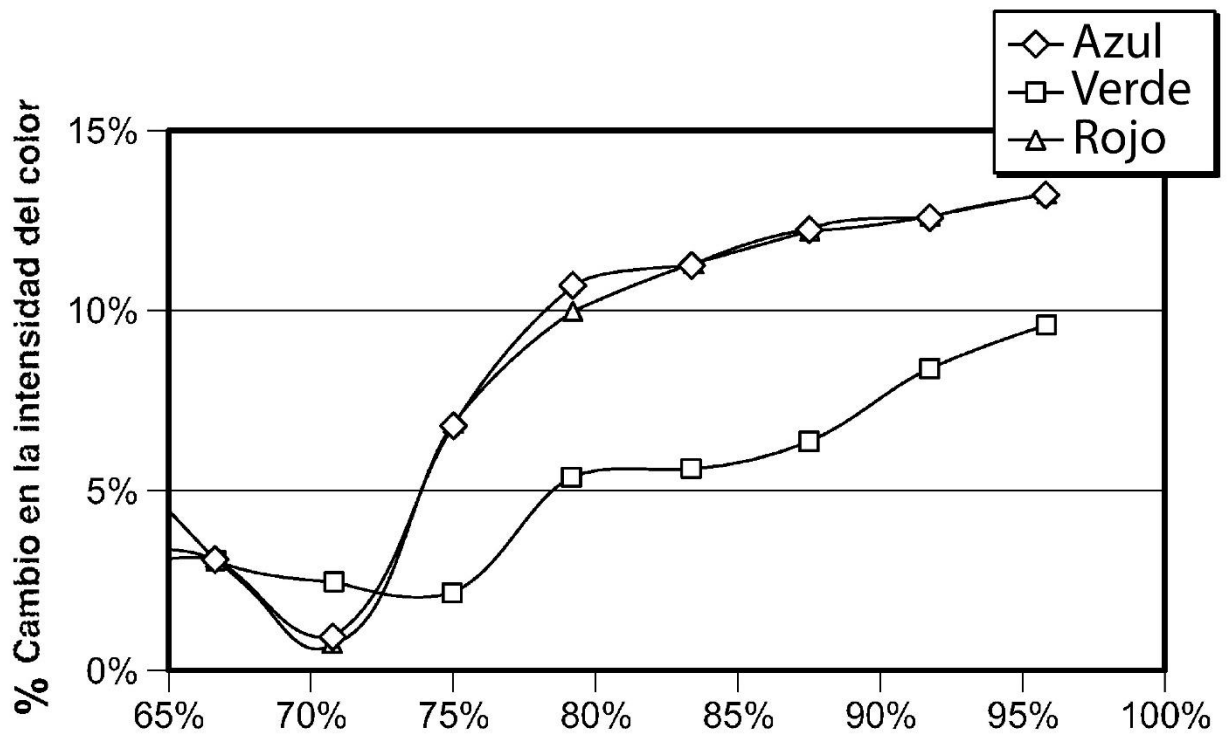


FIG. 51B

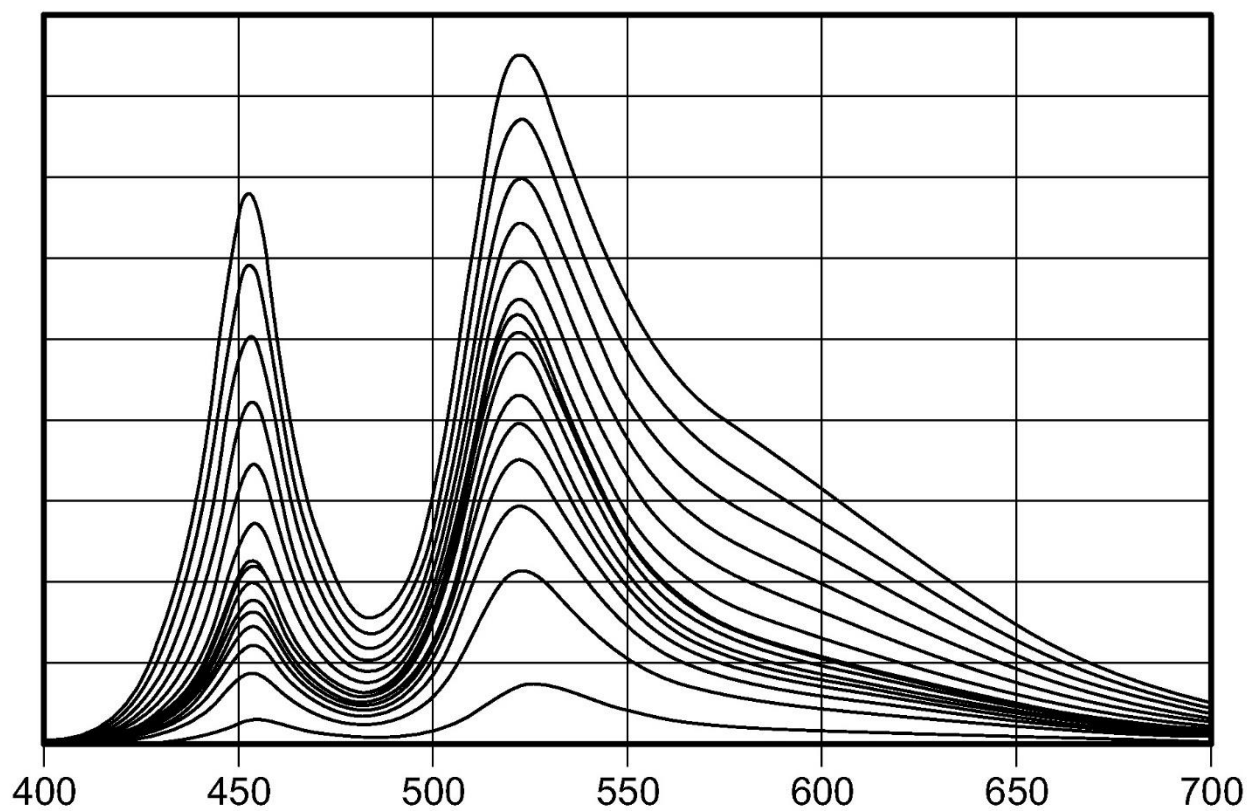


FIG. 51C