Un Circuito de Control de Iluminación, Instalación y Método de Iluminación

Campo de la Invención

La presente invención se refiere a la iluminación y, en particular, a la iluminación exterior, como la iluminación de calles o estadios. La presente invención también se refiere a la iluminación de interiores (tales como con lámparas high bay). Hasta ahora, dicha iluminación se ha proporcionado mediante lámparas de Descarga de Alta Intensidad (HID).

Antecedentes de la Técnica

Las lámparas HID son esencialmente dispositivos de CA y tienen una característica de resistencia negativa. Como consecuencia, la energía es suministrada por una fuente de alimentación de CA y se conecta un balasto o bobina de reactancia en serie con la lámpara para evitar daños a la lámpara por corrientes excesivas. Una lámpara HID típica, tal como una de Halogenuro de Metal de 1000W tiene un voltaje de encendido de 750 V pico, un voltaje de funcionamiento de 260 V y una corriente de funcionamiento de 4 A proporcionando una potencia de lámpara de aproximadamente 1000 W y una salida de luz de 100,000 lúmenes.

En los últimos años, las lámparas que tienen uno o más diodos emisores de luz (LEDs) han reemplazado las lámparas de filamento y las lámparas de descarga de baja intensidad como las lámparas fluorescentes. A medida que la capacidad de potencia de los LEDs ha aumentado, estos LEDs se han utilizado en la iluminación exterior, tal como en la iluminación de calles y de estadios, en donde se requieren potencias considerables (por ejemplo, por encima de 1 kW).

Claramente, como la palabra “diodo” implica, los LEDs son dispositivos de CD (o de corriente unidireccional). Además, un LED tiene una característica de resistencia positiva (en la cual la resistencia varía con la corriente que fluye a través del LED). Como los dispositivos de CD, donde los LEDs se alimentan a partir de la red de CA, normalmente hay un rectificador de alguna descripción suministrado por la red y los LEDs (conjuntamente con sus controladores o circuitos de control) se alimentan por la salida del rectificador. Como consecuencia, los circuitos de control de CD para lámparas LED son completamente diferentes de los circuitos de control de CA para lámparas HID.

Un ejemplo de un LED de alta potencia tiene un voltaje nominal de 6 V y consume una corriente nominal de 2.1 A. Sin embargo, el LED puede tener una corriente de hasta 4.8 A. Un accesorio de lámpara LED puede incluir típicamente 24 de dichos LEDs conectados en serie. Dicho accesorio de lámpara LED tiene un voltaje de operación de 150 V y una corriente de operación nominal de 2.1 A proporcionando una potencia de lámpara de aproximadamente 315 W y una salida de luz de 30,000 lúmenes. En algunos casos, los LEDs coincidentes se conectan en paralelo, en cuyo caso la corriente total es compartida.

Otro ejemplo de un LED de alta potencia tiene 36 LEDs en un hilo, tiene un voltaje nominal de 225 V, una corriente nominal de 2.1 A, una potencia nominal de 475 W y una salida de luz de 45,000 lúmenes.

Normalmente, se requiere un circuito de control en la forma de un controlador electrónico de algún tipo (ya sea un circuito de corriente constante y/o un circuito de voltaje constante) para mantener la corriente de LED dentro de sus límites nominales. Este circuito de control está conectado entre el rectificador y los LEDs y, en su forma más simple, comprende una sola resistencia. Además, la salida del rectificador puede tener una ondulación inaceptable y, por lo tanto, se puede conectar un filtro, que incluye uno o más capacitores, entre el rectificador y el LED.

Cuando se requiere una función de control adicional, tal como atenuación, entonces esto se lleva a cabo mediante un circuito de control conectado entre el rectificador y los LEDs. Por ejemplo, la modulación de ancho de pulso (PWM) se usa a menudo para controlar el brillo de los LEDs. Por lo tanto, un circuito de control en la forma de un modulador PWM se conecta entre el rectificador y los LEDs.

Un problema particular con la técnica anterior mencionada previamente es que los controladores o circuitos de control normalmente incluyen uno o más capacitores electrolíticos que tienen niveles altos de capacitancia. Esto tiene la consecuencia de corrientes transitorias iniciales muy altas en el arranque, ya que el(los) capacitor(es) requiere(n) grandes cantidades de carga para alcanzar su voltaje de operación. Búsquedas de novedad de la técnica anterior llevadas a cabo después de la concepción de la presente invención han revelado la Patente de E.U.A. No. 9,497,811 (Schijffelen) que es ilustrativa de esta técnica anterior. Todo el control se lleva a cabo entre el rectificador y el hilo de LEDs.

Además, los semiconductores de alto voltaje son muy caros. En consecuencia, los diseñadores a menudo se ven obligados por razones económicas a usar sistemas de controladores múltiples que incorporan voltaje más bajo y semiconductores menos costosos. Los sistemas de controladores múltiples significan más cables de control y más complejidad con una mayor probabilidad de falla del circuito en servicio.

Génesis de la Invención

El Génesis de la presente invención es un deseo de evitar dichos problemas adoptando una disposición de control alternativo para lámparas LED.

Sumario de la Invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se describe un circuito de control para una unidad de lámpara de LED, dicho circuito comprende entradas de CA para conexión a una fuente de alimentación de CA, un par de salidas de lámpara para conexión a dicha unidad de lámpara de LED, y un circuito rectificador suministrado desde dichas entradas de CA y que suministra dichas salidas de lámparas, en donde se interpone un circuito de control entre dichas entradas de CA y dicho circuito de rectificación.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se describe una instalación de iluminación que comprende un accesorio de lámpara LED suministrada por un rectificador, dicho rectificador siendo suministrado por una fuente de alimentación de CA, y un circuito de control interpuesto entre dicho rectificador y dicha fuente de alimentación de CA.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para convertir una instalación de lámpara de Descarga de Alta Intensidad (HID) suministrada por una fuente de alimentación de CA que incluye un accesorio de lámpara HID, un balasto y equipo de control asociado, a una instalación de lámpara LED que incluye un accesorio de lámpara LED y suministrado por dicha fuente, dicho método comprende los pasos de:

remplazar dicho accesorio de lámpara HID con dicho accesorio de lámpara LED,

remplazar dicho balasto y equipo de control asociado con un rectificador que tiene una entrada y una salida,

conectar la salida de dicho rectificador a dicho accesorio de lámpara LED, e

interponer un circuito de control entre dicha fuente de alimentación de CA y dicha entrada del rectificador.

Una ventaja particular del método anterior es que permite el uso del cableado existente y las carcasas del equipo de control que se usaron previamente para la instalación de HID, lo que resulta en un proceso de conversión sencillo y rentable.

Se describen varias formas de circuito de control, como variantes de lo mencionado anteriormente donde la fuente de alimentación de CA es una fuente trifásica.

Breve Descripción de los Dibujos

Ahora se describirán modalidades preferidas de la invención, solo a manera de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es un circuito de la técnica anterior que muestra un controlador electrónico para una lámpara LED,

La Figura 2 es un diagrama de circuito para el funcionamiento de una lámpara LED que utiliza un solo circuito de control de inductor de una primera modalidad y un capacitor de filtro opcional y un capacitor de corrección de factor de potencia opcional,

La Figura 3 es una modificación al diagrama de circuito de la Figura 2 para mejorar su control de corriente,

La Figura 4 es un diagrama de circuito de una tercera modalidad que incorpora un transformador de reactancia de fuga elevada,

La Figura 5 es un diagrama de circuito de una cuarta modalidad que incorpora un transformador de corriente constante aislado,

La Figura 6 es un diagrama de circuito de una quinta modalidad que es una combinación de los circuitos de las Figuras 2 y 3,

La Figura 7 es un diagrama de circuito trifásico de una sexta modalidad,

La Figura 8 es una modificación del diagrama de circuito de la Figura 7,

La Figura 9 es un diagrama de circuito de una séptima modalidad que incorpora una función de atenuación,

La Figura 10 es una combinación de los circuitos de las Figuras 7 y 9,

La Figura 11 es un diagrama de circuito de una novena modalidad que es una versión trifásica del circuito de la Figura 3,

La Figura 12 es un diagrama de circuito de una décima modalidad que es una versión trifásica del circuito de la Figura 4,

La Figura 13 es un diagrama de circuito de otra modalidad trifásica,

La Figura 14 es un diagrama de circuito de una onceava modalidad que incorpora un ferroregulador en el circuito de control,

La Figura 15 es un diagrama de circuito de una doceava modalidad que es una modificación trifásica del circuito de la Figura 14,

La Figura16 es un diagrama de circuito de una modalidad adicional que es un circuito rectificador dual, monofásico,

La Figura 17 todavía es un circuito monofásico adicional con un inductor saturable de derivación,

La Figura 18 es un diagrama de circuito de otra modalidad que es una modificación trifásica del circuito de la Figura 17,

Las Figuras 19 y 20 son modalidades monofásicas que incorporan un autotransformador,

Las Figuras 19A y 20A ilustran variaciones que pueden hacerse a los circuitos de las Figuras 19 y 20, y hechas de manera más general,

Las Figuras 21-24 son circuitos monofásicos que incorporan un transformador aislado de fuga alta con devanados de salida dual,

La Figura 25 es un circuito monofásico que incorpora un duplicador de voltaje,

La Figura 26 es un circuito monofásico, transformador de corriente constante con un único devanado secundario, y

La Figura 27 es otro circuito monofásico transformador de corriente constante con dos devanados secundarios.

Descripción Detallada

Como se ve en la Figura 1, un circuito de lámpara LED de la técnica anterior toma la forma de un transformador 11 alimentado por una fuente de alimentación de CA, y un rectificador en puente de onda completa 20 que suministra el voltaje de CD necesario. El rectificador 20 incluye cuatro diodos regulares 21. La lámpara LED 19 toma la forma de un hilo de diodos emisores de luz 18.

Para controlar la corriente de la lámpara con fluctuaciones en la tensión de red, se proporciona un circuito de control en la forma de resistencias R1 y R2, un transistor Q1 y un voltaje controlado. El voltaje controlado donde no se requiere atenuación puede tomar la forma de un diodo Zener con polarización inversa. El voltaje controlado es igual al voltaje del emisor base del transistor Q1 y el voltaje a través de la resistencia R1. Dado que el voltaje del emisor base no varía de manera significativa con la corriente del colector-emisor que fluye a través del transistor, esto significa que el voltaje a través de la

resistencia R1 es sustancialmente constante. Esto a su vez hace que la corriente a través de la lámpara 19 sea sustancialmente constante.

Donde la lámpara 19 va a atenuarse, el voltaje controlado mismo se puede ajustar mediante un circuito de ajuste de atenuación adicional que permite ajustar el voltaje controlado. Como consecuencia, la lámpara 19 y sus circuitos asociados que se colocan en la parte superior de un poste o torre, se conectan al resto del circuito mediante cuatro cables.

Cambiando ahora a la Figura 2, la lámpara 19 es como antes que consiste en una secuencia de diodos emisores de luz conectados en serie 18. La lámpara 19 está conectada directamente a un rectificador en puente de onda completa (FWB) 20 compuesto por cuatro diodos regulares 21 conectados en la forma tradicional para una rectificación de onda completa. El rectificador 20 es alimentado por una fuente de alimentación de CA que tiene una terminal activa A y una terminal neutra N. Un inductor con núcleo de hierro 23 está interpuesto entre la fuente de alimentación y el rectificador 20, preferiblemente en el conductor activo, como se ilustra. El inductor 23 funciona como un circuito de control. La corriente suministrada por el rectificador en puente 20 a la lámpara LED 19 se mantiene dentro de los límites superior e inferior de conducción de corriente LED por la impedancia del inductor 23.

Además, el inductor 23 proporciona un cambio de fase en la corriente de la red de modo que la corriente de red es continua y esencialmente de forma sinusoidal. En la Figura 2 se dibujan dos capacitores Ci y C27 en líneas discontinuas para indicar que son opcionales y que se pueden proveer si así se desea. La función del capacitor C27 es de suavizar el voltaje de ondulación proporcionado por el rectificador en puente de onda completa 20. La función del capacitor Ci es la de mejorar el factor de potencia de la corriente de red.

Se apreciará que, solo se necesitan dos cables para alimentar la lámpara LED 19. Como consecuencia, la lámpara 19 puede ubicarse en la parte superior de una torre o poste (no ilustrado) y los circuitos operativos en la forma del inductor 23 y el rectificador 20 pueden ubicarse en la base de la torre o poste. Esto permite una fácil actualización para reemplazar las instalaciones de iluminación HID existentes.

Cambiando ahora a la Figura 3, en esta modalidad el rectificador en puente de onda completa 20 y la lámpara LED 29 y el inductor 23 están como antes, sin embargo, se agrega un capacitor C1 en serie con el inductor 23 para convertir el circuito de retardo de factor de potencia bajo de la Figura 2 (sin capacitor Ci) en un circuito de avance de factor de potencia bajo. La inclusión del capacitor C1 también reduce la variación en la corriente suministrada a los LEDs 19 debido a variaciones en el voltaje de red. Se pueden lograr reducciones adicionales en la variación de corriente debido a variaciones en el voltaje de la red introduciendo un grado de no linealidad en el inductor 23.

Alternativamente, o adicionalmente, si se desea, se puede conectar un inductor de derivación opcional 25 (ilustrado por líneas discontinuas en la Figura 3) a través de las terminales de la red para mejorar el factor de potencia. Una adición opcional más es la conexión de un filtro 27 a través de la salida del rectificador 20. La provisión del filtro 27 atenúa la ondulación en la corriente a través de los LEDs 19.

En la modalidad de la Figura 4, se conecta un transformador de reactancia de fuga aislado T1 que incorpora derivaciones magnéticas, a través de la red eléctrica y, por lo tanto, sustituye al inductor 23. El rectificador en puente 20 y la lámpara LED 19 están como antes. El filtro opcional 27 también está como antes. Un capacitor C2 opcional se puede conectar a través de las terminales de la red para mejorar el factor de potencia. La alta reactancia de fuga del transformador T1 proporciona esencialmente el mismo cambio de fase en la corriente de salida como lo provee el inductor 23 de la Figura 2. Como resultado, hay un flujo de corriente continuo y esencialmente sinusoidal en los devanados primario y secundario del transformador de reactancia de fuga aislado T1.

En la Figura 5 se ilustra una variación del circuito de la Figura 4. Un transformador de reactancia de fuga aislado T2 de la Figura 5 tiene un capacitor C1 conectado en serie con su devanado secundario. Preferiblemente, el circuito magnético asociado con el devanado secundario se modifica para permitir la saturación parcial. Esta naturaleza no lineal de la inductancia del devanado secundario en conjunto con el capacitor C1, resulta en una corriente relativamente constante a través de los LEDs 19 independientemente de variaciones en el voltaje de alimentación de la red.

La inclusión de un capacitor opcional C3 (ilustrado en líneas discontinuas en la Figura 5) en serie con el capacitor C1 y el devanado secundario del transformador T2, aumenta la reactancia capacitiva en el circuito de salida del transformador T2. Por lo tanto, esto

reduce la corriente a través de los LEDs 19 y atenúa la salida de luz. Al cerrar el interruptor opcional S1 se restaura la salida de luz completa.

Una técnica alternativa para lograr la atenuación es sustituir capacitores paralelos por el capacitor C1. La salida de luz completa se logra cuando ambos capacitores están en el circuito, pero la salida de luz atenuada se logra cuando uno de los dos capacitores paralelos se desconecta del circuito. Se puede lograr más de un nivel de atenuación de la salida de luz mediante el uso de varias combinaciones de condensadores conmutados en serie y/o en paralelo.

En la Figura. 6, los circuitos de las Figuras 2 y 3 se combinan para producir un circuito de alto factor de potencia que puede operar dos lámparas 19 en una configuración de avance-retraso. Esto es muy benéfico para la red de suministro de alimentación.

Para lograr una corriente de ondulación baja a través de los LEDs 19 sin la necesidad de un filtro 27 o un capacitor de filtro C27 como se muestra en la Figura 2 y en la Figura 3, se pueden usar entradas de potencia de alimentación de red trifásica. La Figura 7 ilustra una modalidad trifásica sencilla del circuito de la Figura 2. Un rectificador en puente de onda completa, trifásico, convencional 200 que utiliza seis diodos regulares 21 reemplaza el rectificador 20 de la Figura 2. Se proporciona un inductor 23 para cada una de las 3 fases P1-P3.

La Figura 8 ilustra una modificación del diagrama de circuito de la Figura 7 en la que se agrega un capacitor de derivación de entrada C2 a cada fase. Esto mejora el factor de potencia del circuito de la Figura 7. Los capacitores de derivación C2 pueden conectarse en configuración Y a una terminal neutra N opcional como se muestra, lo que resulta en un suministro de 4 hilos. Alternativamente, en una disposición de suministro de 3 cables, los capacitores de derivación se pueden conectar en configuración Y a un punto de estrella flotante. Alternativamente, se puede usar una conexión Delta entre las fases para estos capacitores de corrección de factor de potencia C2, lo que de nuevo resulta en un suministro de 3 cables.

La Figura 9 ilustra una modalidad adicional en la que el circuito trifásico de la Figura 7 se modifica mediante la provisión de un interruptor S1 que permite que se apague una sola fase. Esto tiene la consecuencia de dejar caer la corriente suministrada a través del rectificador trifásico 200 a la lámpara LED 19. Sin embargo, la corriente reducida a través

de la lámpara 19 está todavía dentro del rango de corriente especificado de la lámpara 19, pero hace que la lámpara se atenúe. Tal atenuación es particularmente útil para introducir iluminación en accesorios deportivos durante el comienzo de la noche. Además de un ahorro en energía, los ojos de los espectadores y jugadores pueden adaptarse al entorno de iluminación artificial.

Alternativamente, dicha atenuación es un nivel de iluminación inferior aceptable para actividades de entrenamiento, en oposición a la competencia en un partido. La función de atenuación idéntica también está disponible desconectando la alimentación a una de las fases de los circuitos de las Figuras 7 y 8. En la modalidad particular de la Figura 9, se proporciona un capacitor en serie C1 para cada fase.

De manera análoga a la Figura 6, la Figura 10 es una combinación de los circuitos de las Figuras 7 y 9, que permite que dos lámparas LED 19 funcionen en una disposición de avance-retardo, de alto factor de potencia. El interruptor S1 permite que se caiga una de las fases para atenuar ambas lámparas 19.

De manera similar, la Figura 11 representa una versión trifásica del circuito de la Figura 3 que utiliza inductores de derivación 25, uno para cada fase. El interruptor S1 puede abrirse para proporcionar un primer nivel de atenuación de los LEDs 19. Si se desea, se puede proporcionar un segundo interruptor opcional S2 (ilustrado en líneas discontinuas en la Figura 11) en otra fase. Si ambos interruptores S1 y S2 se abren, se puede lograr un segundo nivel de atenuación más bajo (siempre que el voltaje disponible sea adecuado para proporcionar a los LEDs caída de voltaje directa y conducción suficiente de corriente a través de los LEDs).

De manera similar, la Figura 12 representa una versión trifásica del circuito de la Figura 4 que utiliza tres transformadores de reactancia de fuga aislados T1, nuevamente uno para cada fase. Nuevamente, el interruptor S1 permite lograr una función de atenuación. Los tres devanados primarios son conectados en configuración estrella o Y, y preferiblemente el punto de estrella está flotando a fin de formar un suministro de 3 cables. Alternativamente, el punto de estrella se puede conectar a una terminal de red neutral N para formar un suministro de 4 cables. En cuanto a la Figura 8, se pueden conectar capacitores de corrección de factor de potencia C2 a las terminales de la fuente de alimentación en configuraciones ya sea Delta o en estrella.

Aún más, la Figura 13 representa una versión trifásica del circuito de la Figura 5 que utiliza tres transformadores de corriente constante aislados T2, nuevamente uno para cada fase. Se proporciona un capacitor en serie C1 para cada fase.

Cambiando ahora a la Figura 14, en un circuito monofásico, un transformador ferroregulador T3 tiene un capacitor C3 conectado a través de su devanado secundario para formar un circuito de tanque. El devanado secundario se aprovecha para proporcionar el voltaje de entrada apropiado al rectificador en puente de onda completa 20. La lámpara está como antes. Si se desea, se puede conectar un capacitor de filtro C27 opcional a través de la salida del rectificador 20.

La Figura 15 ilustra una versión trifásica del circuito de la Figura 14 que utiliza tres transformadores ferroreguladores T3. Los tres devanados primarios están conectados en configuración estrella o Y, y preferiblemente el punto de estrella está flotando para formar un suministro de 3 cables. Alternativamente, el punto de estrella se puede conectar a una terminal neutral de red N para formar un suministro de 4 cables.

La Figura 16 ilustra una modalidad adicional monofásica que es similar a la Figura 6. Seis diodos 21 constituyen un rectificador en puente de onda completa, doble, 20 que se alimenta a través de un inductor 23, por un lado, y un inductor conectado en serie 23 y un condensador C1, por otro lado. Como consecuencia, se suministran corrientes tanto de avance como de retardo a los LEDs 19 simultáneamente. La corriente de LED resultante tiene muy poca ondulación (aproximadamente 5%) sin ningún condensador de filtro. Además, el circuito tiene un factor de potencia muy alto (casi la unidad) y una baja distorsión armónica total de la corriente de la red.

Cambiando ahora a la Figura 17, en este circuito monofásico el inductor L1 es un inductor relativamente lineal, mientras que el inductor L2 tiene al menos saturación parcial de su núcleo, de modo que el voltaje a través del inductor L2 permanece relativamente constante. Como consecuencia, hay una corriente sustancialmente constante fluyendo a través del capacitor C1 y por lo tanto una corriente constante fluyendo a través de los LEDs 19 a pesar de fluctuaciones en el voltaje de alimentación de la red.

La Figura 18 ilustra una versión trifásica de la Figura 17. El punto de conexión común de los inductores L2 puede ser cualquiera de un punto de estrella flotante con una fuente de

alimentación de 3 cables o puede conectarse a una terminal neutral N de una fuente de alimentación de 4 cables.

Las Figuras 19 y 20 muestran cada una una disposición con un autotransformador T5 que suministra al rectificador 20 desde un devanado derivado. Un inductor 23 está conectado en serie con el autotransformador T5. La derivación se puede seleccionar para permitir una coincidencia entre el voltaje de alimentación y el voltaje de carga reflejado X-Y (siendo el voltaje a través de los LEDs 19 reflejado en el circuito de alimentación de red). En la Figura 19, el voltaje del LED reflejado aumenta. Mientras que en la Figura 20 el voltaje del LED reflejado disminuye. En ambos casos, la corrección del factor de potencia se puede agregar conectando un capacitor a través de las terminales de alimentación.

Las Figuras 19A y 20A ilustran variaciones que pueden realizarse al autotransformador T5 para atenuar los LEDs 19. En la Figura 19A un interruptor S5 se conecta entre algunas de las vueltas del devanado primario del autotransformador T5. Con el interruptor S5 en la posición 2, se aplica un voltaje más bajo al inductor 23 y por lo tanto los LEDs 19 se atenúan. Con el interruptor S5 en la posición 1, el voltaje de red se aplica a través de un número pequeño de vueltas del devanado primario y por lo tanto el voltaje aplicado al inductor 23 y al rectificador 20 aumenta y por lo tanto los LEDs 19 no se atenúan.

La Figura 20A ilustra una disposición similar, pero con el interruptor S5 conectado al lado secundario del autotransformador T5. Con el interruptor S5 en la posición 1, se aplica un voltaje máximo al inductor 23 y al rectificador 20 y, por lo tanto, los LEDs 19 no se atenúan. Sin embargo, cuando el interruptor S5 está en la posición 2, se aplica un voltaje menor al inductor 23 y al rectificador 20 y , por lo tanto, los LED se atenúan.

Será evidente para los capacitados en la técnica que la conmutación mencionada anteriormente ya sea en el costado primario o el lado secundario para lograr la atenuación es aplicable a transformadores que no sean autotransformadores y por lo tanto es aplicable a, por ejemplo, las disposiciones de transformador ilustradas en las Figuras 5, 12-15 y 21-25.

Además, las Figuras 19A y 20A también ilustran técnicas de atenuación conmutada aplicables a impedancias ubicadas en el suministro de red a los rectificadores 20, 200. En la Figura 19A, el inductor 23 tiene una derivación en el devanado. Con el interruptor S8 en la posición 1, hay una impedancia más baja y los LEDs 19 no son atenuados. Con el

interruptor S8 en la posición 2, el inductor 23 tiene una impedancia más alta y los LED 19 son atenuados.

Una disposición similar se ilustra en la Figura 20A. En una primera disposición, un inductor L8 está conectado en serie con el rectificador 20. Un interruptor S7 conectado en serie con un inductor adicional L9 puede accionarse para conectar el inductor L9 en paralelo con el inductor L8, aumentando así la corriente al rectificador 20. Por lo tanto, con el interruptor S7 abierto, los LEDs 19 se atenúan y con el interruptor S7 cerrado, los LEDs 19 no se atenúan.

Alternativa o adicionalmente, el interruptor S8 puede proporcionarse como en la Figura 19A para cambiar el número efectivo de vueltas del inductor 23. Con el interruptor S8 en la posición 1, la impedancia del inductor 23 se reduce, la corriente al rectificador 20 está al máximo y los LEDs 19 no están atenuados. Sin embargo, con el interruptor S8 en la posición 2, la impedancia del inductor 23 está a un máximo, y así la corriente al rectificador 20 se reduce y los LEDs se atenúan. Será evidente para los expertos en la técnica que, en algunas disposiciones de circuito, la conmutación de capacitores puede usarse como una forma alternativa de cambio de impedancia. Otras formas de interconexiones conmutables en serie y/o paralelo para alterar el nivel de corriente también serán evidentes para los expertos en la técnica.

Las Figuras 21-24 ilustran cada una un circuito monofásico con un transformador aislado T10 de alta fuga que tiene devanados de salida dual. Estos son usados para suministrar un par de lámparas LED 19 a un voltaje apropiado y aceptable, especialmente en los casos en los que un circuito de voltaje LED de 2 cables requeriría el uso de voltajes inaceptablemente altos. La atenuación se puede lograr mediante la inclusión de capacitores adicionales en serie o paralelo en los devanados de salida dual que se conectan o desconectan del circuito. La corrección del factor de potencia puede lograrse con un capacitor opcional conectado entre las terminales activa y neutral.

En las Figuras 21 y 23 los dos rectificadores en puente de onda completa 20 están completamente aislados entre sí, creando así una alimentación de 4 cables a los módulos de lámpara LED 19. Alternativamente, como se ilustra en las Figuras 22 y 24, los dos rectificadores en puente de onda completa 20 pueden tener una conexión común, creando así una alimentación de 3 cables a los módulos de lámpara LED 19.

En los circuitos de las Figuras 23 y 24, los devanados de salida dual del transformador aislado de alta fuga T10 tienen cada uno un capacitor C10 conectado en serie. Esta disposición proporciona esencialmente los mismos beneficios que aquellos asociados con la Figura 5 en que la corriente a través de los módulos de lámpara LED 19 será relativamente constante independientemente de cambios en el voltaje de suministro. Sin embargo, en cuanto a los circuitos de las Figuras 21 y 22, existe el beneficio adicional de un voltaje reducido aplicado a los módulos de lámparas LED individuales 19.

La Figura 25 ilustra un circuito monofásico similar a la Figura 2, salvo que el rectificador 20 es reemplazado por un transformador T4 y una unidad duplicadora de voltaje formada por un par de diodos regulares 21 y un par de capacitores C4. Una ventaja del circuito de la Figura 25 es que el voltaje a través de la lámpara LED 19 es aumentado mucho y, por lo tanto, puede dar acomodo a un mayor número de diodos LED 18 conectados en serie. Por lo tanto, la lámpara 19 de la Figura 25 puede tener un aumento de potencia con relación a las lámparas 19 de los otros circuitos.

Lo anterior describe solo algunas modalidades de la presente invención y se pueden hacer modificaciones, obvias para los expertos en circuitos de iluminación LED, sin apartarse del alcance de la presente invención. En particular, se apreciará que el control de corriente se logra en la porción de CA del circuito corriente arriba del rectificador que alimenta los LEDs. Esto representa una desviación significativa de la técnica anterior.

Además, algunas variaciones se pueden categorizar de la siguiente manera. Se puede ubicar un filtro 27 entre el rectificador 20, 200 y el (los) módulo(s) de LED 19. Este filtro puede tomar la forma ya sea de un capacitor de derivación C27, o un inductor en serie, o una combinación de inductor(es) en serie y un capacitor de derivación.

En su forma más simple, el circuito de control está constituido por el inductor 23. Sin embargo, preferiblemente el circuito de control toma la forma tanto del inductor 23 como de un capacitor en serie.

Además, el circuito de control puede tomar la forma de varios transformadores, incluyendo transformadores de reactancia de fuga, transformadores ferrorresonantes y transformadores de corriente constante. Estos pueden realizarse mediante ya sea un autotransformador o mediante un transformador de aislamiento convencional. El circuito

de control también puede tomar la forma de un transformador de corriente constante como se ilustra en las Figuras 26 y 27.

En la Figura 26, el transformador de corriente constante Tr se dibuja con su circuito magnético primario ilustrado con las laminaciones paralelas al plano del papel y su circuito magnético de fuga dibujado con las laminaciones perpendiculares al plano del papel. Por lo tanto, un devanado primario WP se alimenta con energía de la red de CA y un devanado secundario WS proporciona un voltaje de salida al (los) circuito(s) de carga. Las derivaciones del circuito magnético de fuga proporcionan una inductancia de fuga sustancial, desacoplando magnéticamente de esta manera la salida del devanado secundario de variaciones en el voltaje de red. Preferiblemente, el circuito magnético asociado con el devanado secundario WS se modifica de modo que al menos una parte sustancial del mismo entre en saturación magnética durante el funcionamiento normal.

La naturaleza no lineal de la inductancia del devanado secundario WS en conjunto con la reactancia del capacitor resonante CR, hace que en al menos una parte del circuito magnético del devanado secundario se mantenga en un estado magnéticamente saturado debido a la resonancia.

Dado que el núcleo magnético asociado con el devanado secundario WS está saturado, los cambios en el voltaje de la red no tienen prácticamente ningún efecto en la salida del devanado secundario WS, con el resultado de que su voltaje permanece constante. Esto tiene la consecuencia de que la corriente a través de la carga también permanece constante y su magnitud se rige principalmente por el tamaño del capacitor resonante CR.

Preferiblemente, como se indica en la Figura 26, la carga consiste en 4 diodos regulares que forman un rectificador en puente de onda completa con el módulo de LEDs 19 que forma la carga. Si lo desea, se puede conectar un capacitor de filtrado opcional C27 en paralelo con los LEDs 19.

Además, para controlar la corriente de carga para que sea sustancialmente constante, hay otros beneficios para este circuito. Uno de dichos beneficios es el factor de potencia de operación muy alto, que está muy cerca de la unidad. Otro beneficio es la muy baja distorsión armónica total en el circuito de red, que típicamente es inferior al 10% de distorsión. Un beneficio adicional es que el circuito secundario tiene una inmunidad muy

alta a voltajes transitorios en la fuente de alimentación, y esta inmunidad es aplicable tanto a voltajes transitorios de modo transversal como a voltajes transitorios de modo común.

Si se requiere una mejora adicional en la regulación de la línea, entonces se puede enrollar un pequeño devanado oscilante (no ilustrado pero convencional) sobre el devanado primario WP y conectarlo en serie con el devanado secundario WS pero en un sentido inductivamente opuesto.

Como lo indican las líneas discontinuas en la Figura 26, circuitos de múltiples cargas, cada uno con su propia cadena de LED 19, pueden funcionar en paralelo con el único transformador de corriente constante Tr. La extensión a 3 fases es como se indica en las Figuras 12-15.

Cambiando ahora a la Figura 27, es posible construir un transformador de corriente constante Tr que tenga un único devanado primario WP y dos devanados secundarios totalmente independientes WS1 y WS2. El único devanado primario WP está ubicado entre un par de derivaciones magnéticas y da como resultado una saturación sustancial del circuito magnético de cada uno de los devanados secundarios WS1 y WS2. Cada uno de los devanados secundarios es capaz de suministrar un número de circuitos de carga paralelos en la manera de la Figura 26.

En general, la fuente de alimentación de CA puede ser ya sea monofásica o polifásica (normalmente trifásica). Donde se usa un transformador para una disposición trifásica, los devanados primarios del transformador se pueden conectar ya sea en configuración en Y o en configuración Delta. Se puede usar un circuito de corrección de factor de potencia para mejorar el factor de potencia del circuito general. Un circuito de corrección de factor de potencia típico es un capacitor de derivación conectado entre las fases del suministro o entre cada fase y un punto de estrella o conexión neutral.

La corrección del factor de potencia también se puede implementar duplicando el circuito general y operando dos conjuntos de módulos LED 19 en una configuración avance-retardo.

La atenuación es posible desconectando uno de los circuitos duplicados en una configuración de avance-retardo, o desconectando una o más de las fases de un circuito

polifásico. La atenuación también es posible conmutando impedancia(s) dentro y fuera del circuito de alimentación al rectificador 20, 200. De manera similar, la atenuación también es posible cambiando vueltas dentro y fuera de disposiciones del transformador aplicando el rectificador 20, 200.

Para un circuito polifásico, como un circuito trifásico, es posible un suministro de 3 cables o de 4 cables. El suministro de 3 cables se puede conectar en delta, o tener un punto de estrella flotante. El suministro de 4 cables puede tener el punto de estrella conectado a una terminal neutra.

Lo anterior describe solo algunas modalidades de la presente invención y se pueden hacer modificaciones, obvias para los expertos en las técnicas de la electrónica, sin apartarse del alcance de la presente invención.

El término “que comprende” (y sus variaciones gramáticas), como se usa en el presente documento se utiliza en el sentido inclusivo de “que incluye” o “que tiene” y no en el sentido exclusivo de “que consiste únicamente en.”