



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 340 169**

51 Int. Cl.:
H05B 41/282 (2006.01)
H05B 41/24 (2006.01)
H02M 5/10 (2006.01)
G05F 1/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04794179 .4**
96 Fecha de presentación : **05.10.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1671521**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.06.2006**

54 Título: **Esquema de distribución de corrientes y dispositivo para operar múltiples lámparas CCF.**

30 Prioridad: **06.10.2003 US 508932 P**

73 Titular/es: **Microsemi Corporation**
2381 Morse Avenue
Irvine, California 92614, US

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
31.05.2010

72 Inventor/es: **Jin, Xiaoping**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
31.05.2010

74 Agente: **Martín Santos, Victoria Sofía**

ES 2 340 169 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

Esquema de distribución de corrientes y dispositivo para operar múltiples lámparas CCF.

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a unos transformadores de compensación y más concretamente a un
 10 anillo compensador utilizado para la distribución de corrientes en un sistema de iluminación posterior de lámparas múltiples.

Descripción de los antecedentes de la técnica

En las aplicaciones de pantallas de cristal líquido (LCD) se necesita una iluminación posterior para iluminar la
 15 pantalla para hacer una pantalla visible. Con el tamaño cada vez mayor de las pantallas LCD (p. ej., televisión LCD o monitor LCD de pantalla grande), los sistemas de iluminación posterior de lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) pueden operar con lámparas múltiples para obtener una iluminación de alta calidad para la visualización. Uno
 20 de los retos para una operación con lámparas múltiples es cómo mantener las corrientes de funcionamiento controladas o básicamente iguales para las lámparas respectivas, proporcionando de ese modo el efecto de iluminación deseado en la pantalla de visualización, a la vez que se reducen los dispositivos del control electrónico y conmutación de potencia para reducir el coste del sistema.

US2003001524 describe un sistema de lámparas múltiples para activar un conjunto de lámparas que comprende
 25 un circuito de control para convertir una señal de CC en una señal de CA, un transformador con un lado primario acoplado al circuito de control y un lado secundario para la salida de la potencia CA, y un circuito de compensación de corriente acoplado al terminal de bajo voltaje del conjunto de lámparas para compensar los valores de la corriente que circula a través de las lámparas.

30 Más adelante se analizan algunas de las dificultades.

La variación en el voltaje de funcionamiento de una CCFL está por lo general en torno al $\pm 20\%$ para un nivel de
 corriente dado. Cuando se conectan lámparas múltiples en paralelo a través de una fuente de voltaje común, resulta
 35 difícil conseguir el reparto igual de la corriente entre las lámparas sin un mecanismo de compensación de corrientes. Además, las lámparas con voltajes de funcionamiento mayor pueden no encenderse después de encenderse las lámparas con un voltaje de funcionamiento menor.

A la hora de fabricar una pantalla con lámparas múltiples, resulta difícil proporcionar unas condiciones circundan-
 40 tes idénticas para cada lámpara. De esta manera, los parámetros parásitos para cada lámpara varían. Los parámetros parásito (p. ej., la reactancia parásita o la capacitancia parásita) de las lámparas algunas veces varían significativamente en una configuración de lámparas típica. Las diferencias de la capacitancia parásita resultan en diferentes corrientes de fuga capacitivas para cada lámpara en condiciones de operación de alto voltaje y alta frecuencia, que es una variable en la corriente efectiva de lámpara (y por tanto brillo) para cada lámpara.

Un método es conectar los devanados primarios de los transformadores en serie y conectar las lámparas a través
 45 de los devanados secundarios respectivos de los transformadores. Puesto que la corriente que circula a través de los devanados primarios es básicamente igual en una configuración de este tipo, la corriente a través de los devanados secundarios puede controlarse mediante el mecanismo de compensación de amperios-vuelta. De esta manera, las corrientes secundarias (o corrientes en las lámparas) pueden controlarse mediante un regulador de corriente primaria
 50 común y las relaciones de transformación del transformador.

Una limitación de los métodos anteriores se da cuando el número de lámparas, y por consiguiente el número de
 transformadores, aumenta. El voltaje de entrada se limita, reduciéndose así el voltaje disponible para cada devanado
 55 primario del transformador a medida que aumenta el número de lámparas. El diseño de los transformadores asociados se vuelve difícil.

Resumen de la invención

La presente invención propone un sistema de iluminación posterior y un método como se define en las reivindica-
 60 ciones adjuntas, para activar lámparas fluorescentes múltiples, p. ej., lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFLs) con un ajuste de corrientes preciso. Por ejemplo, cuando se alimentan cargas múltiples en una configuración paralela mediante una fuente de corriente alterna (CA) común, la corriente que circula a través de cada carga individual puede controlarse para ser básicamente igual o una relación predeterminada insertando una pluralidad de transformadores de compensación en una configuración de anillo compensador entre la fuente común de CA y las cargas múltiples. Los
 65 transformadores de compensación incluyen unos devanados primarios respectivos conectados individualmente en serie con cada carga. Los devanados secundarios de los transformadores de compensación se conectan en serie y en fase para formar un bucle de cortocircuito. Los devanados secundarios conducen una corriente común (p. ej., una corriente de cortocircuito). Se hace que las corrientes conducidas por los devanados primarios de los transformadores de com-

ES 2 340 169 T3

pensaciones respectivos, y las corrientes que circulan a través de las cargas correspondientes, sean iguales utilizando una relación de transformación idéntica para los transformadores, o que sean una relación predeterminada utilizando una relación de transformación diferente.

- 5 El ajuste de corrientes (o distribución de corrientes) en el anillo compensador se facilita mediante el mecanismo de compensación electromagnético de los transformadores de compensación y el acoplamiento cruzado electromagnético a través del anillo de los devanados secundarios. La distribución de corrientes entre cargas múltiples (p. ej., lámparas) se controla ventajosamente con una estructura pasiva simple sin emplear un mecanismo de control activo adicional, lo que reduce la complejidad y el coste del sistema de iluminación posterior. A diferencia de un método balón convencional que se hace bastante complicado y algunas veces poco práctico cuando aumenta el número de cargas, el método anterior resulta más simple, menos costoso, más fácil de fabricar, y puede compensar la corriente de muchas más, un número ilimitado teóricamente de, cargas.

- 15 En una forma de realización, un sistema de iluminación posterior utiliza una fuente común de CA (p. ej., una fuente de CA única o una pluralidad de fuentes de CA sincronizadas) para activar unas estructuras de lámpara paralelas múltiples con un anillo compensador que comprende una red de transformadores con por lo menos un transformador designado para cada estructura de lámpara. El devanado primario de cada transformador en el anillo compensador se conecta en serie con su estructura de lámpara designada, y unas combinaciones de estructuras de lámpara-devanado primario múltiples se acoplan en paralelo a través de una fuente de CA simple o se disponen en subgrupos paralelos múltiples para conectarse a un conjunto de fuentes de CA sincronizadas. Los devanados secundarios de los transformadores se conectan conjuntamente en serie para formar un bucle cerrado. La polaridad de conexión en la red de transformadores se dispone de tal manera que los voltajes a través de cada devanado secundario están en fase en el bucle cerrado cuando el voltaje aplicado a los devanados primarios está en la misma fase. De esta manera, fluirá una corriente de cortocircuito común a través de los devanados secundarios en el bucle conectado en serie cuando los 25 voltajes en fase se desarrollan a través de los devanados primarios.

- Las corrientes en las lámparas circulan a través de los devanados primarios respectivos de los transformadores y a través de las estructuras de lámpara respectivas para proporcionar la iluminación. Las corrientes en las lámparas que circulan a través de los devanados primarios respectivos son proporcionales a la corriente común que circula a través de los devanados secundarios si se desprecia la corriente de magnetización. De esta manera, las corrientes en las lámparas de las diferentes estructuras de lámpara pueden ser básicamente las mismas o proporcionales unas a las otras dependiendo de las relaciones de transformación del transformador. En una forma de realización, los transformadores tienen básicamente la misma relación de transformación para llevar a cabo básicamente el ajuste de los niveles de corriente en las lámparas para un brillo uniforme de las lámparas.

- 35 En una forma de realización, los devanados primarios de los transformadores en el anillo compensador se conectan entre los terminales de alto voltaje de las estructuras de lámpara respectivas y la fuente de CA común. En otra forma de realización, los devanados primarios se conectan entre los terminales de retorno de las estructuras de lámpara respectivas y la fuente de CA común. En otra forma de realización más, se emplean anillos compensadores diferentes en ambos extremos de las estructuras de lámpara. En una forma de realización adicional, cada una de las estructuras de lámpara incluye dos o más lámparas fluorescentes conectadas en serie y el devanado primario asociado con cada estructura de lámpara se inserta entre las lámparas fluorescentes.

- 45 En una forma de realización, la fuente de CA común es un inversor con un controlador, una red de conmutación y una etapa del transformador de salida. La etapa del transformador de salida puede incluir un transformador con un devanado secundario referido a tierra para activar las estructuras de lámpara en una configuración de terminación única. De manera alternativa, la etapa del transformador de salida puede configurarse para activar las estructuras de lámpara en unas configuraciones diferenciales o flotantes.

- 50 En una forma de realización, el sistema de iluminación posterior incluye adicionalmente un circuito de detección de fallos para detectar las condiciones de lámpara cortocircuitada o lámpara abierta monitorizando el voltaje a través de los devanados secundarios en el anillo compensador. Por ejemplo, cuando una estructura de lámpara tiene una lámpara abierta, aumentan los voltajes a través del devanado primario conectado en serie correspondiente y devanado secundario asociado. Cuando una estructura de lámpara tiene una lámpara cortocircuitada, aumentan los voltajes a través de los devanados primarios y los devanados secundarios asociados de las estructuras de lámparas operativas (o no cortocircuitadas). En una forma de realización, el sistema de iluminación posterior apaga la fuente de CA común cuando el circuito de detección de fallos indica una condición de lámpara cortocircuitada o lámpara abierta.

- 60 En una forma de realización, el anillo compensador incluye una pluralidad de transformadores de compensación. Cada uno de los transformadores de compensación incluye un núcleo magnético, un devanado primario, y un devanado secundario. En una forma de realización, el núcleo magnético tiene una permeabilidad relativa alta con una permeabilidad relativa inicial mayor que 5.000.

- 65 La pluralidad de transformadores de compensación puede tener unas relaciones de transformación básicamente idénticas o unas relaciones de transformación diferentes para el control de corrientes entre los devanados primarios. En una forma de realización, el núcleo magnético tiene forma toroidal, y el devanado primario y el devanado secundario se bobinan progresivamente en secciones diferentes del núcleo magnético. En otra forma de realización, un hilo de aislamiento simple pasa por unos orificios interiores de los núcleos magnéticos con forma toroidal en el anillo com-

pensador para formar un bucle cerrado de los devanados secundarios. En todavía otra forma de realización, el núcleo magnético se basa en una estructura con forma de E con un devanado primario y un devanado secundario bobinados en secciones diferentes de una bobina.

Estos y otros objetivos y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto más detalladamente a partir de la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos. Para fines de resumir la invención, se han descrito en la presente memoria determinados aspectos, ventajas y características novedosas de la invención. Debe entenderse que no necesariamente todas estas ventajas pueden obtenerse de acuerdo con cualquier forma de realización concreta de la invención. De esta manera, la invención puede realizarse o llevarse a cabo de una manera que obtenga u optimice una ventaja o grupos de ventajas como se muestra en la presente memoria sin obtener necesariamente otras ventajas como puede mostrarse o sugerirse en la presente memoria.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con un anillo compensador acoplado entre una fuente y unos terminales de alto voltaje de unas lámparas múltiples.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con un anillo compensador acoplado entre los terminales de retorno de unas lámparas múltiples y la puesta a tierra.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con pares de lámparas múltiples en una configuración paralela y un anillo compensador insertado entre los pares de lámparas.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con lámparas múltiples activadas en una configuración flotante.

La Figura 5 es un diagrama esquemático de otra forma de realización de un sistema de iluminación posterior con lámparas múltiples activadas en una configuración flotante.

La Figura 6 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con dos anillos compensadores, uno en cada extremo de las lámparas paralelas.

La Figura 7 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con lámparas múltiples activadas en una configuración diferencial.

La Figura 8 ilustra una forma de realización de un transformador de compensación de núcleo toroidal de acuerdo con la presente invención.

La Figura 9 es una forma de realización de un anillo compensador con un bucle de devanado secundario de una sola vuelta.

La Figura 10 es una forma de realización de un transformador de compensación que utiliza una estructura basada en un núcleo E.

La Figura 11 ilustra una forma de realización de un circuito de detección de fallos acoplado a un anillo compensador para detectar la presencia de lámparas no operativas.

Descripción detallada de la invención

A continuación se describirán en la presente memoria las formas de realización de la presente invención en referencia a los dibujos. La Figura 1 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con un anillo compensador acoplado entre una fuente de entrada CA 100 y unos terminales de alto voltaje de lámparas múltiples (Lámpara 1, Lámpara 2, Lámpara K) mostrados como lámparas 104(1)-104(k) (colectivamente las lámparas 104). En una forma de realización, el anillo compensador comprende unos transformadores de compensación múltiples (Tb1, Tb2,... Tbk) mostrados como transformadores de compensación 102(1)-102(k) (colectivamente los transformadores de compensación 102). Cada uno de los transformadores 102 se designa para una lámpara 104 diferente.

Los transformadores de compensación 102 tienen unos devanados primarios respectivos acoplados en serie con sus lámparas designadas 104. Los transformadores de compensación 102 tienen unos devanados secundarios respectivos conectados en serie unos con otros y en fase para formar un bucle de cortocircuito (o cerrado). La polaridad de los devanados secundarios se alinea de manera que los voltajes inducidos en los devanados secundarios estén en fase y se sumen conjuntamente en el bucle cerrado.

Las combinaciones de devanado primario-lámpara se acoplan en paralelo a la fuente de CA de entrada 100. La fuente de CA de entrada 100 se muestra como una fuente de voltaje simple en la Figura 1, y los devanados primarios se acoplan entre los terminales de alto voltaje de las lámparas 104 respectivas y el nodo positivo de la fuente de

ES 2 340 169 T3

CA de entrada 100. En otras formas de realización (no mostradas), las combinaciones de devanado primario-lámpara se dividen en subgrupos comprendiendo cada subgrupo una o más combinaciones de bobinado primario-lámpara paralelas. Los subgrupos pueden activarse mediante fuentes de voltaje diferentes que se sincronizan una con otra.

- 5 Con la configuración descrita anteriormente, una corriente (I_x) de cortocircuito (o común) se desarrolla en los devanados secundarios de los transformadores de compensación 102 cuando las corrientes circulan en los devanados primarios respectivos. Puesto que los devanados secundarios se conectan en serie en un bucle, la corriente que circula en cada uno de los devanados secundarios es básicamente igual. Si las corrientes de magnetización de los transformadores de compensación 102 se desprecian, puede establecerse la siguiente relación para cada uno de los
- 10 transformadores de compensación 102:

$$N_{11} \cdot I_{11} = N_{21} \cdot I_{21}; \quad N_{12} \cdot I_{12} = N_{22} \cdot I_{22}; \quad \dots\dots\dots N_{1k} \cdot I_{1k} = N_{2k} \cdot I_{2k}. \quad (\text{Ecn. 1})$$

15

N_{1k} y I_{1k} indican las vueltas primarias y la corriente primaria respectivamente del transformador de compensación Kth. N_{2k} y I_{2k} indican las vueltas secundarias y la corriente secundaria respectivamente del transformador de compensación Kth. De esta manera resulta que:

20

$$I_{11} = (N_{21}/N_{11}) \cdot I_{21}; \quad I_{12} = (N_{22}/N_{12}) \cdot I_{22}; \quad \dots\dots\dots I_{1k} = (N_{2k}/N_{1k}) \cdot I_{2k} \quad (\text{Ecn. 2})$$

25

Puesto que la corriente secundaria se iguala con la conexión en serie de los devanados secundarios:

30

$$I_{21} = I_{22} = \dots\dots\dots = I_{2k} = I_x. \quad (\text{Ecn. 3})$$

35

Las corrientes primarias y por lo tanto las corrientes en las lámparas conducidas por las lámparas 104 respectivas, pueden controlarse proporcionalmente con la relación de transformación (N_{21}/N_{11} , N_{22}/N_{12} , ..., N_{2k}/N_{1k}) de los transformadores de compensación 102 de acuerdo con la Ecuación (Ecn.) 2. Físicamente, si cualquier corriente en un transformador de compensación concreto se desvía de la relación definida en la Ecn. 2, el flujo magnético resultante del error de amperios-vuelta inducirá un voltaje de corrección correspondiente en el devanado primario para hacer que la corriente primaria siga la condición de compensación de la Ecn. 2.

40

Con la relación anteriormente descrita, si se desea una corriente en las lámparas igual, esto puede llevarse a cabo estableciendo una relación de transformación básicamente idéntica para los transformadores de compensación 102 independientemente de las posibles variaciones del voltaje operativo de las lámparas. Además, si se necesita establecer la corriente en una lámpara concreta en un nivel diferente de las demás lámparas debido a algunas razones prácticas, como diferencias en la capacitancia parásita debido al ambiente circundante, ello puede lograrse ajustando la relación

45 de transformación del transformador de compensación correspondiente de acuerdo con la Ecn. 2. De esta manera la corriente de cada lámpara puede ajustarse sin utilizar ningún esquema de distribución de corrientes activo o sin utilizar una estructura balún complicada. Además de las ventajas anteriores, el sistema de iluminación posterior propuesto puede reducir la corriente de cortocircuito cuando una lámpara se cortocircuita.

50

Además, el sistema de iluminación posterior propuesto facilita el encendido automático de las lámparas. Cuando una lámpara está abierta o sin encender, se desarrollará un voltaje adicional a través de su devanado primario designado, en fase con la fuente de CA de entrada 100, para ayudar a encender la lámpara. El voltaje adicional se genera mediante un aumento del flujo debido a la disminución de la corriente primaria. Por ejemplo, cuando una lámpara concreta no está encendida, la lámpara está de hecho en una condición de circuito abierto. La corriente que circula en el devanado primario correspondiente del transformador de compensación es básicamente cero. Debido a la corriente circulante en el bucle cerrado de los devanados secundarios, la ecuación de compensación de amperios-vuelta de la Ecn. 1 no puede mantenerse en una situación como ésa. La fuerza de magnetización excesiva que resulta de los amperios-vuelta desequilibrados generará un voltaje adicional en el devanado primario del transformador de compensación. El voltaje adicional se suma en fase con la fuente de CA de entrada 100 para resultar en un aumento automático del voltaje a

55

60

través de la lámpara no encendida, ayudando de esta manera a encender la lámpara.

65

Hay que reseñar que la aplicación de esta invención no se limita a las lámparas múltiples (p. ej., CCFLs) en los sistemas de iluminación posterior. También se aplica a otros tipos de aplicaciones y a diferentes tipos de cargas en los que cargas múltiples se conectan a una fuente de CA común en paralelo y se desea un ajuste de corrientes entre las cargas.

También hay que reseñar que con esta invención pueden llevarse a cabo diversas configuraciones de circuitos además de la forma de realización mostrada en la Figura 1. Las Figuras 2-7 muestran ejemplos de otras formas de

realización de sistemas de iluminación posterior que utilizan por lo menos un anillo compensador para el ajuste de corrientes. En las aplicaciones prácticas también pueden formularse otros tipos de configuraciones (no mostrados) en base al mismo concepto, dependiendo de la estructura del sistema de iluminación posterior concreto. Por ejemplo, es posible compensar la corriente de lámparas múltiples cuando son activadas por más de una fuente de CA con este concepto, siempre que las fuentes de CA múltiples se sincronicen y mantengan las relaciones de fase de acuerdo con el principio de este concepto.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con un anillo compensador acoplado entre la puesta a tierra y los terminales de retorno de lámparas múltiples (Lámpara 1, Lámpara 2,... Lámpara K) mostradas como lámparas 208(1)-208(k) (colectivamente las lámparas 208). En una forma de realización, el anillo compensador comprende transformadores de compensación múltiples (Tb1, Tb2,... Tbk) mostrados como transformadores de compensación 210(1)-210(k) (colectivamente los transformadores de compensación 210). Cada uno de los transformadores de compensación 210 se designa para una lámpara 208 diferente.

Los transformadores de compensación 210 tienen unos devanados primarios respectivos acoplados en serie con sus lámparas designadas 208 y los devanados secundarios respectivos conectados en un anillo en serie. La forma de realización mostrada en la Figura 2 es básicamente similar a la forma de realización mostrada en la Figura 1 excepto que el anillo compensador se acopla a los lados de retorno de las lámparas 208 respectivas. Por ejemplo, los devanados primarios se acoplan entre los terminales de retorno respectivos de las lámparas 208 y la puesta a tierra. Los terminales de alto voltaje de las lámparas 208 se acoplan a un terminal positivo de una fuente de voltaje 200.

A modo de ejemplo, la fuente de voltaje 200 se muestra en mayor detalle como un inversor que comprende un controlador 202, una red de conmutación 204 y una etapa del transformador de salida 206. La red de conmutación 204 acepta un voltaje de entrada (V-IN) de corriente continua (CC) y se controla mediante las señales de control del controlador 202 para generar una señal de CA para la etapa del transformador de salida 206. En la forma de realización mostrada en la Figura 2, la etapa del transformador de salida 206 incluye un único transformador con un devanado secundario referido a tierra para activar las lámparas 208 y el anillo compensador en una configuración de terminación única.

Como se ha descrito anteriormente en relación con la Figura 1, el anillo compensador facilita el aumento automático del voltaje a través de una lámpara no encendida para garantizar un encendido fiable de las lámparas en los sistemas de iluminación posterior sin componentes o mecanismos adicionales. El encendido de las lámparas es uno de los problemas difíciles en la operación de lámparas múltiples en una configuración paralela. Con un encendido de las lámparas automático, puede reducirse el margen reservado por lo general para las operaciones de encendido en el diseño de un inversor para conseguir una mayor eficiencia del inversor y un factor de cresta menor de la corriente en las lámparas a través de una mayor optimización del diseño del transformador en la etapa del transformador de salida 206, una mejor utilización del ciclo de trabajo de la conmutación por el controlador 202, un menor estrés de voltaje de los transformadores, etc.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con pares de lámparas múltiples en una configuración paralela y un anillo compensador insertado entre los pares de lámparas. Por ejemplo, un primer grupo de lámparas (Lámpara 1A, Lámpara 2A,... Lámpara kA) mostradas como lámparas 304(1)-304(k) (colectivamente el primer grupo de lámparas 304) se acoplan entre un terminal de alto voltaje de un transformador de salida (TX) 302 y el anillo compensador. Un segundo grupo de lámparas (Lámpara 1B, Lámpara 2B,... Lámpara kB) mostradas como lámparas 308(1)-308(k) (colectivamente el segundo grupo de lámparas 308) se acoplan entre el anillo compensador y un terminal de retorno (o puesta a tierra). Un circuito de control 300 activa el transformador de salida 302 para proporcionar una fuente de CA para alimentar los grupos de lámparas primero y segundo 304, 308.

En una forma de realización, el anillo compensador comprende una pluralidad de transformadores de compensación (Tb1, Tb2,... Tbk) mostrados como transformadores de compensación 306(1)-306(k) (colectivamente los transformadores de compensación 306). Cada uno de los transformadores de compensación 306 se designa para un par de lámparas, una lámpara del primer grupo de lámparas 304 y una lámpara del segundo grupo de lámparas 308. Los transformadores de compensación 306 tienen unos devanados primarios respectivos conectados en serie en un bucle cerrado. En esta configuración, el número de transformadores de compensación es ventajosamente la mitad del número de lámparas a compensar.

Por ejemplo, los transformadores de compensación 306 tienen unos devanados primarios respectivos insertados en serie entre sus pares de lámparas designados. El primer grupo de lámparas 304 y el segundo grupo de lámparas 308 se acoplan de manera eficaz en serie por pares con un devanado primario diferente insertado entre cada par. Los pares de lámparas con los devanados primarios designados respectivos se acoplan en paralelo a través del transformador de salida 302.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con lámparas múltiples activadas en una configuración flotante. Por ejemplo, un circuito de control 400 activa una etapa del transformador de salida que comprende dos transformadores 402, 404 con los devanados primarios respectivos conectados en serie y los devanados secundarios respectivos conectados en serie. Los devanados secundarios conectados en serie de los transformadores de salida 402, 404 se acoplan a través de un anillo compensador y un grupo de

ES 2 340 169 T3

lámparas (Lámpara 1, Lámpara 2,... Lámpara k) mostradas como lámparas 408(1)-408(k) (colectivamente las lámparas 408).

En una forma de realización, el anillo compensador comprende una pluralidad de transformadores de compensación (Tb1, Tb2,... Tbk) mostrados como transformadores de compensación 406(1)-406(k) (colectivamente los transformadores de compensación 406). Cada uno de los transformadores de compensación 406 se dedica a una lámpara 408 diferente. Los transformadores de compensación 406 tienen unos devanados primarios respectivos conectados en serie con sus lámparas dedicadas 408 y unos devanados secundarios respectivos conectados en serie unos con otros en un bucle cerrado. Las combinaciones de devanado primario-lámpara se acoplan en paralelo a través de los devanados secundarios conectados en serie de los transformadores de salida 402, 404. Las lámparas 408 se activan en una configuración flotante sin referirse a un terminal de tierra.

La Figura 5 es un diagrama esquemático de otra forma de realización de un sistema de iluminación posterior con lámparas múltiples activadas en una configuración flotante. La Figura 5 ilustra una combinación selectiva de las Figuras 3 y 4. De manera similar a la Figura 3, se inserta un anillo compensador entre los pares múltiples de lámparas en serie conectadas en paralelo a través de una fuente común. De manera similar a la Figura 4, la fuente común incluye un circuito de control 500 acoplado a una etapa del transformador de salida que comprende dos transformadores conectados en serie 502, 504.

Por ejemplo, un primer grupo de lámparas (Lámpara 1A, Lámpara 2A,... Lámpara kA) mostradas como lámparas 506(1)-506(k) (colectivamente el primer grupo de lámparas 506) se acoplan entre un primer terminal de la etapa de terminales de salida y el anillo compensador. Un segundo grupo de lámparas (Lámpara 1B, Lámpara 2B,... Lámpara kB) mostradas como lámparas 510(1)-510(k) (colectivamente el segundo grupo de lámparas 510) se acoplan entre el anillo compensador y un segundo terminal de la etapa del transformador de salida. El anillo compensador comprende una pluralidad de transformadores de compensación (Tb1, Tb2,... Tbk) mostrados como transformadores de compensación 508(1)-508(k) (colectivamente los transformadores de compensación 508). Cada uno de los transformadores de compensación 508 se designa para un par de lámparas, una lámpara del primer grupo de lámparas 506 y una lámpara del segundo grupo de lámparas 510.

Los transformadores de compensación 508 tienen unos devanados primarios respectivos insertados en serie entre sus pares de lámparas designados. El primer grupo de lámparas 506 y el segundo grupo de lámparas 510 se acoplan de manera eficaz en serie por pares con un devanado primario diferente insertado entre cada par. Los pares de lámparas con los devanados primarios designados respectivos se acoplan en paralelo a través de los devanados secundarios conectados en serie de los transformadores 502, 504 en la etapa del transformador de salida. Los transformadores de compensación 508 tienen unos devanados secundarios respectivos conectados en serie en un bucle cerrado. Como se ha comentado anteriormente, el número de transformadores de compensación 508 es ventajosamente la mitad del número de lámparas 506, 510 a compensar en esta configuración.

La Figura 6 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con dos anillos compensadores, uno en cada extremo de las lámparas paralelas mostradas como lámparas 606(1)-606(k) (colectivamente las lámparas 606). El primer anillo compensador comprende una primera pluralidad de transformadores de compensación mostrados como transformadores de compensación 604(1)-604(k) (colectivamente el primer conjunto de transformadores de compensación 604). Los devanados secundarios en el primer conjunto de transformadores de compensación 604 se acoplan en serie conjuntamente en un primer anillo cerrado. El segundo anillo compensador comprende una segunda pluralidad de transformadores de compensación mostrados como transformadores de compensación 608(1)-608(k) (colectivamente el segundo conjunto de transformadores de compensación 608). Los devanados secundarios en el segundo conjunto de transformadores de compensación 608 se acoplan en serie conjuntamente en un segundo anillo cerrado.

Cada una de las lámparas 606 se asocia con dos transformadores de compensación diferentes, uno del primer conjunto de transformadores de compensación 604 y uno del segundo conjunto de transformadores de compensación 608. De esta manera, los devanados primarios en el primer conjunto de transformadores de compensación 604 se acoplan en serie con sus lámparas asociadas 606 y los devanados primarios correspondientes en el segundo conjunto de transformadores de compensación 608. Las combinaciones en serie de lámpara con devanados primarios diferentes en ambos extremos se acoplan en paralelo a través de una fuente común. En la Figura 6, la fuente común (p. ej., un inversor) se muestra como un circuito de control 600 acoplado a un transformador de salida 602. El transformador de salida 602 puede activar las lámparas 606 y los anillo compensadores en una configuración flotante o tener un devanado secundario con un terminal conectado a tierra como se muestra en la Figura 6.

La Figura 7 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de iluminación posterior con lámparas múltiples activadas en una configuración diferencial. A modo de ejemplo, la forma de realización incluye dos anillos compensadores acoplados en los extremos respectivos de una pluralidad de lámparas mostradas como lámparas 708(1)-708(k) (colectivamente las lámparas 708). Las conexiones entre los anillos compensadores y las lámparas 708 son básicamente similares a las conexiones correspondientes mostradas en la Figura 6.

El primer anillo compensador incluye una pluralidad de transformadores de compensación mostrados como transformadores de compensación 706(1)-706(k) (colectivamente el primer grupo de transformadores de compensación 706). El primer grupo de transformadores de compensación 706 tiene unos devanados secundarios respectivos acopla-

dos en un bucle cerrado para compensar las corrientes entre las lámparas 708. El segundo anillo compensador incluye una pluralidad de transformadores de compensación mostrados como transformadores de compensación 710(1)-710(k) (colectivamente el segundo grupo de transformadores de compensación 710). El segundo grupo de transformadores de compensación 710 tiene unos devanados secundarios respectivos acoplados en otro bucle cerrado para reforzar o proporcionar redundancia en la compensación de las corrientes entre las lámparas 708.

Cada una de las lámparas 708 se asocia con dos transformadores de compensación diferentes, uno del primer grupo de transformadores de compensación 706 y uno del segundo grupo de transformadores de compensación 710. Los devanados primarios en el primer grupo de transformadores de compensación 706 se acoplan en serie con sus lámparas asociadas 708 y los devanados primarios correspondientes en el segundo grupo de transformadores de compensación 710. Las combinaciones en serie de lámpara con los devanados primarios diferentes en ambos extremos se acoplan en paralelo a través de una fuente común.

En la Figura 7, la fuente común (p. ej., un inversor de fase dividida) se muestra como un circuito de control 700 acoplado a un par de transformadores de salida 702, 704 que se activan mediante señales desfasadas o señales con otros patrones de conmutación para producir unas señales diferenciales (V_a , V_b) a través de los devanados secundarios de los transformadores de salida 702, 704 respectivos. Las señales diferenciales se combinan para generar un voltaje de lámpara de CA ($V_{imp} = V_a + V_b$) a través de las lámparas 708 y los anillos compensadores. Los detalles adicionales en el inversor de fase dividida se analizan en la solicitud de patente en tramitación junto con la presente U.S. nº 10/903.636 del solicitante, depositada el 30 de julio de 2.004, y titulada "Split Phase Inverters for CCFL Backlight System".

La Figura 8 ilustra una forma de realización de un transformador de compensación de núcleo toroidal de acuerdo con la presente invención. Un devanado primario 802 y un devanado secundario 804 se bobinan directamente en el núcleo toroidal 800. En una forma de realización, el bobinado primario 802 en el núcleo toroidal 800 se bobina progresivamente, en lugar de en capas múltiples superpuestas, para evitar el alto potencial entre las vueltas primarias. El devanado secundario 804 puede bobinarse asimismo progresivamente.

El grosor de hilo para los devanados 802, 804 debería seleccionarse en base a la corriente máxima, que puede deducirse de la Ecn. 1 y la Ecn. 2. Los transformadores de compensación en un anillo compensador trabajan ventajosamente con cualquier número de vueltas secundarias o relaciones de transformación primario-secundario. Puede obtenerse un buen resultado de compensación con relaciones de transformación diferentes de acuerdo con la relación establecida en la Ecn. 1 y la Ecn. 2. En una forma de realización, se elige un número relativamente pequeño de vueltas (p. ej., 1-10 vueltas) para el devanado secundario 804 para simplificar el proceso de bobinado y para reducir el coste de fabricación. Otro factor para determinar el número deseado de vueltas secundarias es el nivel de la señal de voltaje deseado a través del devanado secundario 804 para un circuito de detección de fallos, que se analiza en mayor detalle más adelante.

La Figura 9 es una forma de realización de un anillo compensador con un bucle de devanado secundario de una sola vuelta 904. El anillo compensador comprende una pluralidad de transformadores de compensación que utilizan núcleos toroidales mostrados como núcleos toroidales 900(1)-900(k) (colectivamente los núcleos toroidales 900). Los devanados primarios mostrados como devanados primarios 902(1)-902(k) (colectivamente los devanados primarios 902) se bobinan progresivamente en los núcleos toroidales respectivos 900. Un hilo de aislamiento simple pasa por los orificios interiores de los núcleos toroidales 900 para formar un bucle de devanado secundario de una sola vuelta 904.

La Figura 10 es una forma de realización de un transformador de compensación que utiliza una estructura basada en un núcleo E 1000. Se utiliza una bobina de devanado. La bobina se divide en dos secciones con una primera sección 1002 para el devanado primario y una segunda sección 1004 para el devanado secundario. Una ventaja de una disposición de devanado de este tipo es el mejor aislamiento entre los devanados primario y secundario porque puede inducirse un voltaje alto (p. ej., unos pocos cientos de voltios) en los devanados primarios durante las condiciones de lámpara abierta o encendido. Otra ventaja es el coste reducido debido a un proceso de fabricación más simple.

Una forma de realización alternativa del transformador de compensación (no mostrada) superpone el devanado primario con el devanado secundario para proporcionar un acoplamiento fuerte entre los devanados primario y secundario. El aislamiento entre los devanados primario y secundario, el proceso de fabricación, etc., se hacen más complejos con la superposición de los devanados primario y secundario.

Los transformadores de compensación utilizados en un anillo compensador pueden construirse con tipos diferentes de configuraciones de devanado y núcleos magnéticos. En una forma de realización, los transformadores de compensación se llevan a cabo con unos materiales con permeabilidad relativamente alta (p. ej., materiales con una permeabilidad relativa inicial mayor que 5.000). Los materiales de permeabilidad relativamente alta proporcionan una inductancia relativamente alta con un espacio de ventana dado en la corriente de funcionamiento máxima. Para obtener una buena compensación de corriente, la inductancia de magnetización del devanado primario debería ser lo más alta posible, de manera que durante su funcionamiento la corriente de magnetización pueda ser lo suficientemente pequeña para resultar insignificante.

La pérdida del núcleo es normalmente mayor para los materiales de permeabilidad relativamente alta que para los materiales de permeabilidad relativamente baja a una densidad de flujo y frecuencia de funcionamiento dados. Sin

embargo, la densidad del flujo de trabajo del núcleo del transformador es relativamente baja durante las operaciones normales del transformador de compensación porque la magnitud del voltaje inducido en el devanado primario, que compensa las variaciones en el voltaje de la lámpara en operación, es relativamente baja. De esta manera, el uso de materiales de permeabilidad relativamente alta en el transformador de compensación proporciona ventajosamente una inductancia relativamente alta mientras mantiene la pérdida operacional del transformador a un nivel razonablemente bajo.

La Figura 11 ilustra una forma de realización de un circuito de detección de fallos acoplado a un anillo compensador para detectar la presencia de lámparas no operativas. La configuración del sistema de iluminación posterior mostrado en la Figura 11 es básicamente similar al mostrado en la Figura 1 con unas lámparas múltiples 104, una fuente común 100 y el anillo compensador que comprende una pluralidad de transformadores de compensación 102. El sistema de iluminación posterior en la Figura 11 incluye adicionalmente el circuito de detección de fallos para monitorizar los voltajes en los devanados secundarios de los transformadores de compensación 102 para detectar una condición de lámpara no operativa.

Las corrientes de lámpara conducidas por las lámparas múltiples 104 se compensan conectando los devanados primarios designados de los transformadores de compensación 102 en serie con cada lámpara mientras que los devanados secundarios de los transformadores de compensación 102 se conectan conjuntamente en un bucle en serie con una polaridad predefinida. Durante las operaciones normales, una corriente común que circula en cada uno de los devanados secundarios hace que las corrientes en los devanados primarios se igualen unas a otras, manteniendo de ese modo las corrientes en las lámparas compensadas.

Cualquier error en un devanado primario genera de manera efectiva un voltaje de compensación en ese devanado primario para compensar las tolerancias en los voltajes de funcionamiento de las lámparas que pueden variar hasta un 20% del valor nominal. En el devanado secundario asociado se desarrolla un voltaje correspondiente y es proporcional al voltaje de compensación.

La señal de voltaje de los devanados secundarios de los transformadores de compensación 102 puede monitorizarse para detectar unas condiciones de lámpara cortocircuitada o lámpara abierta. Por ejemplo, cuando una lámpara está abierta, los voltajes en los devanados primario y secundario de los transformadores de compensación correspondientes 102 se elevarán de manera significativa. Cuando se da un cortocircuito con una lámpara concreta, aumentan los voltajes en los devanados del transformador asociados con lámparas no cortocircuitadas. Puede utilizarse un circuito de detección de niveles para detectar el voltaje creciente para determinar la condición de fallo.

En una forma de realización, las condiciones de lámpara cortocircuitada o lámpara abierta pueden detectarse de forma muy particular midiendo los voltajes en los devanados secundarios de los transformadores de compensación 102 y comparando los voltajes detectados para un umbral predeterminado. En la Figura 11, los voltajes en los devanados secundarios se detectan con unos divisores de resistencia respectivos mostrados como divisores de resistencia 1100 (1)-1100(k) (colectivamente los divisores de resistencia 1100). Los divisores de resistencia 1100, comprendiendo cada uno un par de resistores conectados en serie, se acoplan entre unos terminales predeterminados de los devanados secundarios respectivos y la puesta a tierra. Los nodos comunes entre los pares de resistores respectivos proporcionan los voltajes detectados ($V_1, V_2, \dots, V_k$) que se proporcionan a un circuito de combinación 1102. En una forma de realización el circuito de combinación 1102 incluye una pluralidad de diodos de aislamiento mostrados como diodos de aislamiento 1104(1)-1104(k) (colectivamente los diodos de aislamiento 1104). Los diodos de aislamiento 1104 forman un circuito de forma OR con diodos con unos ánodos acoplados individualmente a los voltajes detectados respectivos y unos cátodos conectados en común para generar un voltaje de retroalimentación (V_{fb}) correspondiente al voltaje detectado mayor.

En una forma de realización, se proporciona el voltaje de retroalimentación a un terminal de entrada positivo de un comparador 1106. Se proporciona un voltaje de referencia (V_{ref}) a un terminal de entrada negativo de un comparador 1106. Cuando el voltaje de retroalimentación excede el voltaje de referencia, el comparador 1106 saca una señal de fallo (Fallo) para indicar la presencia de una o más lámparas no operativas. Puede utilizarse la señal de fallo para cerrar la fuente común que alimenta las lámparas 104.

El circuito de detección de fallos descrito anteriormente no tiene conexión directa con las lámparas 104 ventajosamente, reduciendo así la complejidad y coste asociados con esta característica. Hay que reseñar que pueden diseñarse muchos tipos diferentes de circuitos de detección de fallos para detectar condiciones de lámparas averiadas monitorizando los voltajes en los devanados secundarios en un anillo compensador.

Aunque se han descrito determinadas formas de realización de las invenciones, estas formas de realización se han presentado únicamente a modo de ejemplo, y no pretenden limitar el alcance de las invenciones. De hecho, los sistemas y métodos novedosos descritos en la presente memoria pueden realizarse en una variedad de otras formas; además, pueden hacerse diversas omisiones, sustituciones y cambios en la forma de los métodos y sistemas descritos en la presente memoria sin alejarse del alcance de la invención. Las reivindicaciones adjuntas están destinadas a cubrir tales formas o modificaciones ya que se encontrarían dentro del alcance de la invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de iluminación posterior que comprende:

- una pluralidad de estructuras de lámpara en una configuración paralela;
- una fuente de corriente alterna común para alimentar dicha pluralidad de estructuras de lámpara, en el que la fuente de corriente alterna común comprende un inversor con
 - un controlador configurado para generar unas señales de control,
 - una red de conmutación configurada para recibir un voltaje de entrada de corriente continua y para generar una señal de corriente alterna en respuesta a las señales de control, y
- una etapa del transformador de salida configurada para recibir la señal de corriente alterna y para sacar la fuente de corriente alterna común;
- un primer anillo compensador acoplado en serie con dicha pluralidad de estructuras de lámpara a través de dicha fuente de corriente alterna común, en el que dicho primer anillo compensador comprende una primera pluralidad de transformadores de compensación con unos devanados primarios respectivos y unos devanados secundarios respectivos, cada uno de dichos devanados primarios se conecta en serie con una estructura de lámpara correspondiente, dichos devanados secundarios se conectan en serie unos con otros y en fase para formar un primer bucle cerrado de manera que las corrientes conducidas por las estructuras de lámpara respectivas se controlen mediante las relaciones de transformación de los transformadores de compensación respectivos; y
- un circuito de detección de fallos configurado para monitorizar una pluralidad de voltajes de nodo en el primer bucle cerrado de los devanados secundarios, para generar un voltaje de retroalimentación correspondiente a uno de la pluralidad de voltajes de nodo con un nivel de voltaje mayor entre la pluralidad de voltajes de nodo, y para comparar el voltaje de retroalimentación con un voltaje de referencia para determinar una condición de fallo, en el que el circuito de detección de fallos saca una señal de fallo para apagar la fuente de corriente alterna común cuando se da la condición de fallo.

2. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, en el que los devanados primarios de dicho primer anillo compensador se conectan entre:

- unos terminales de alto voltaje de las estructuras de lámpara respectivas y la fuente de corriente alterna común; ó
- unos terminales de retorno de las respectivas estructuras de lámpara y la puesta a tierra.

3. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, en el que cada una de las estructuras de lámpara comprende dos lámparas fluorescentes, y cada uno de los devanados primarios correspondientes del primer anillo compensador se conecta entre un conjunto diferente de dichas dos lámparas fluorescentes.

4. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, en el que los transformadores de compensación tienen:

- unas relaciones de transformación básicamente idénticas para hacer que la pluralidad de estructuras de lámpara conduzcan corrientes básicamente iguales; ó
- unas relaciones de transformación diferentes para permitir que la pluralidad de estructuras de lámpara conduzcan corrientes con relaciones predeterminadas.

5. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, en el que dicha etapa del transformador de salida:

- tiene un transformador con un devanado secundario referido a tierra para activar la pluralidad de estructuras de lámpara en una configuración de terminación única; ó
- se configura para activar las estructuras de lámpara en una configuración flotante o una configuración diferencial.

6. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, en el que el circuito de detección de fallos comprende:

- una pluralidad de divisores de resistencia, en el que cada uno de dichos divisores de resistencia se acopla a un nodo diferente en el primer bucle cerrado de los devanados secundarios para generar respectivamente una de la pluralidad de voltajes de nodo;
- un circuito de combinación que comprende una pluralidad de diodos de aislamiento con unos ánodos respectivos acoplados individualmente a los voltajes de nodo respectivos y los cátodos respectivos conectados en común para generar el voltaje de retroalimentación; y
- un comparador configurado para comparar el voltaje de retroalimentación con el voltaje de referencia para generar la señal de fallo, en el que la señal de fallo indica la presencia de una o más estructuras de lámpara no operativas cuando el voltaje de retroalimentación excede el voltaje de referencia.

7. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un segundo anillo compensador que comprende una segunda pluralidad de transformadores de compensación con unos devanados primarios respectivos y unos devanados secundarios respectivos, en el que el primer anillo compensador y el segundo anillo compensador se acoplan en los extremos opuestos de las estructuras de lámpara de manera que cada estructura de lámpara se asocie con un devanado primario diferente de dicha primera pluralidad de transformadores de compensación en un extremo y un devanado primario diferentes de dicha segunda pluralidad de transformadores de compensación en otro extremo, y los devanados secundarios de la segunda pluralidad de transformadores de compensación se conecten en serie unos con otros y en fase para formar un segundo bucle cerrado.

8. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, en el que cada uno de los transformadores de compensación tienen un núcleo magnético separado y dicho núcleo magnético:

- tiene forma toroidal, y el devanado primario y el devanado secundario se bobinan progresivamente en secciones diferentes del núcleo magnético; ó
- se basa en una estructura E, y el devanado primario y el devanado secundario se bobinan en secciones diferentes de una bobina.

9. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, en el que cada uno de los transformadores de compensación tienen un núcleo magnético separado y dicho núcleo magnético tiene una permeabilidad relativa alta con una permeabilidad relativa inicial mayor que 5.000.

10. Método para compensar corrientes entre ramas paralelas múltiples de lámparas en un sistema de iluminación posterior y para detectar una condición de fallo, comprendiendo el método las acciones de:

- proporcionar un transformador de compensación diferente para cada una de las ramas paralelas de lámparas, en el que un devanado primario de dicho transformador de compensación se acopla en serie con las lámparas de la rama asociada a través de una fuente de corriente alterna común;
- conectar los devanados secundarios de dichos transformadores de compensación para las ramas paralelas múltiples de lámparas en fase y en una configuración en anillo en serie para conducir una corriente común, en el que la corriente común circula en los devanados secundarios cuando por lo menos una rama de lámparas está encendida;
- monitorizar una pluralidad de voltajes de nodo en una configuración en anillo en serie de los devanados secundarios para detectar una condición de fallo; y
- apagar la fuente de corriente alterna común cuando se da la condición de fallo.

11. Método según la reivindicación 10, en el que dichos transformadores de compensación tienen:

- relaciones de transformación básicamente idénticas para hacer que las ramas paralelas conduzcan corrientes básicamente idénticas; ó
- relaciones de transformación diferentes para permitir que las ramas paralelas conduzcan corrientes a unas relaciones predeterminadas.

12. Método según la reivindicación 10, en el que la condición de fallo se detecta cuando cualquiera de la pluralidad de voltajes de nodo excede un umbral predeterminado.

ES 2 340 169 T3

13. Método según la reivindicación 10, que comprende adicionalmente generar un voltaje adicional en los devanados primarios acoplados en serie con las lámparas sin encender para mantener las relaciones de amperios-vuelta para los transformadores de compensación respectivos mientras que la corriente común está circulando en los devanados secundarios, en el que se suma un voltaje adicional en fase con la fuente de corriente alterna común para encender las lámparas apagadas.

14. Método según la reivindicación 10, que comprende adicionalmente controlar la corriente conducida por las lámparas de cada rama paralela en base a la relación de transformación del transformador de compensación asociado.

15. Sistema de iluminación posterior según la reivindicación 1, en el que una corriente de bucle circula en el primer bucle cerrado cuando por lo menos una de las estructuras de lámpara está encendida, se genera un voltaje adicional en dichos devanados primarios conectados a las estructuras de lámpara sin encender mientras que la corriente de bucle circula para mantener las relaciones amperios-vuelta para los transformadores de compensación respectivos, y el voltaje adicional se suma en fase con la fuente de corriente alterna común para encender las estructuras de lámpara apagadas.

FIG. 1

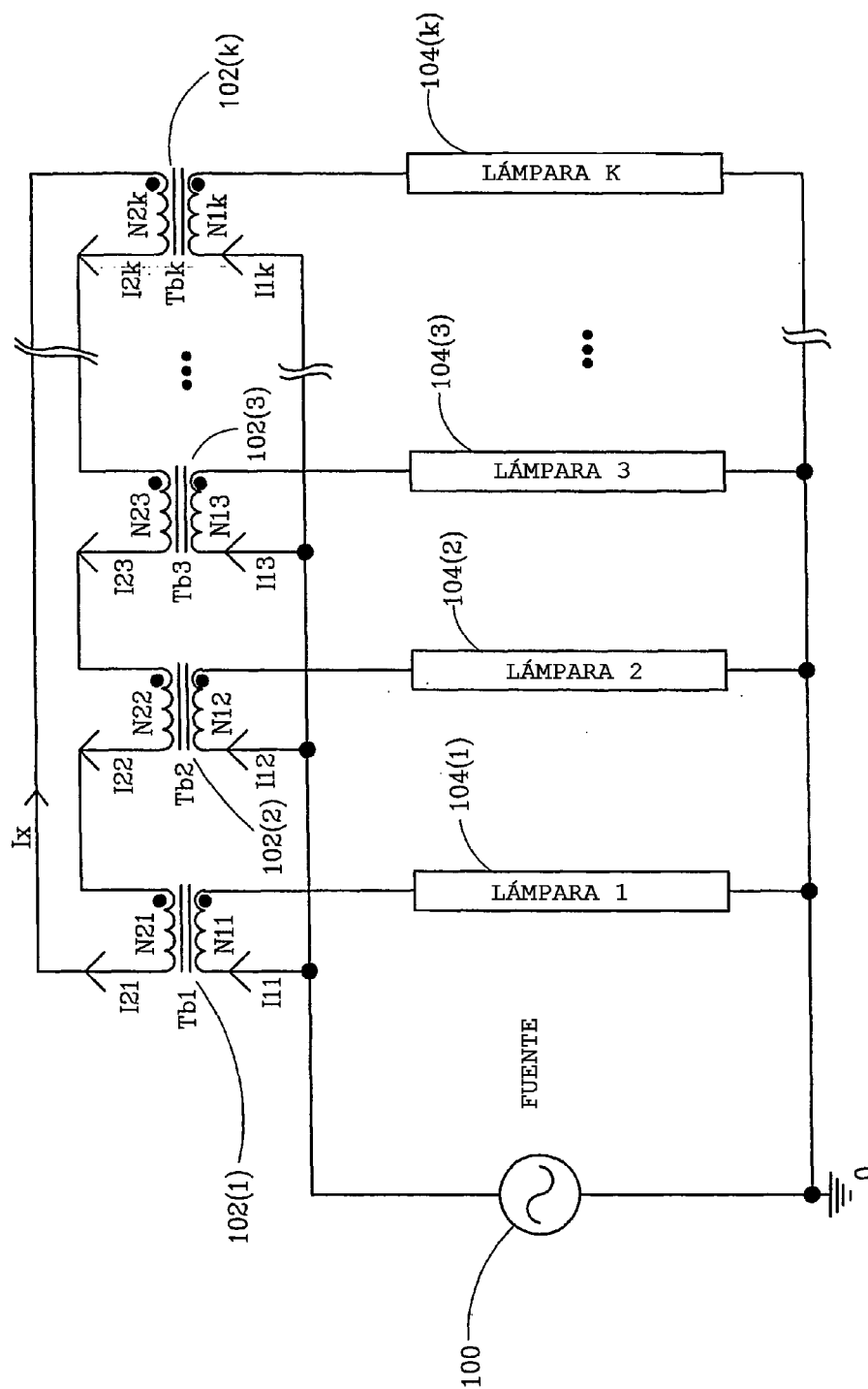


FIG. 2

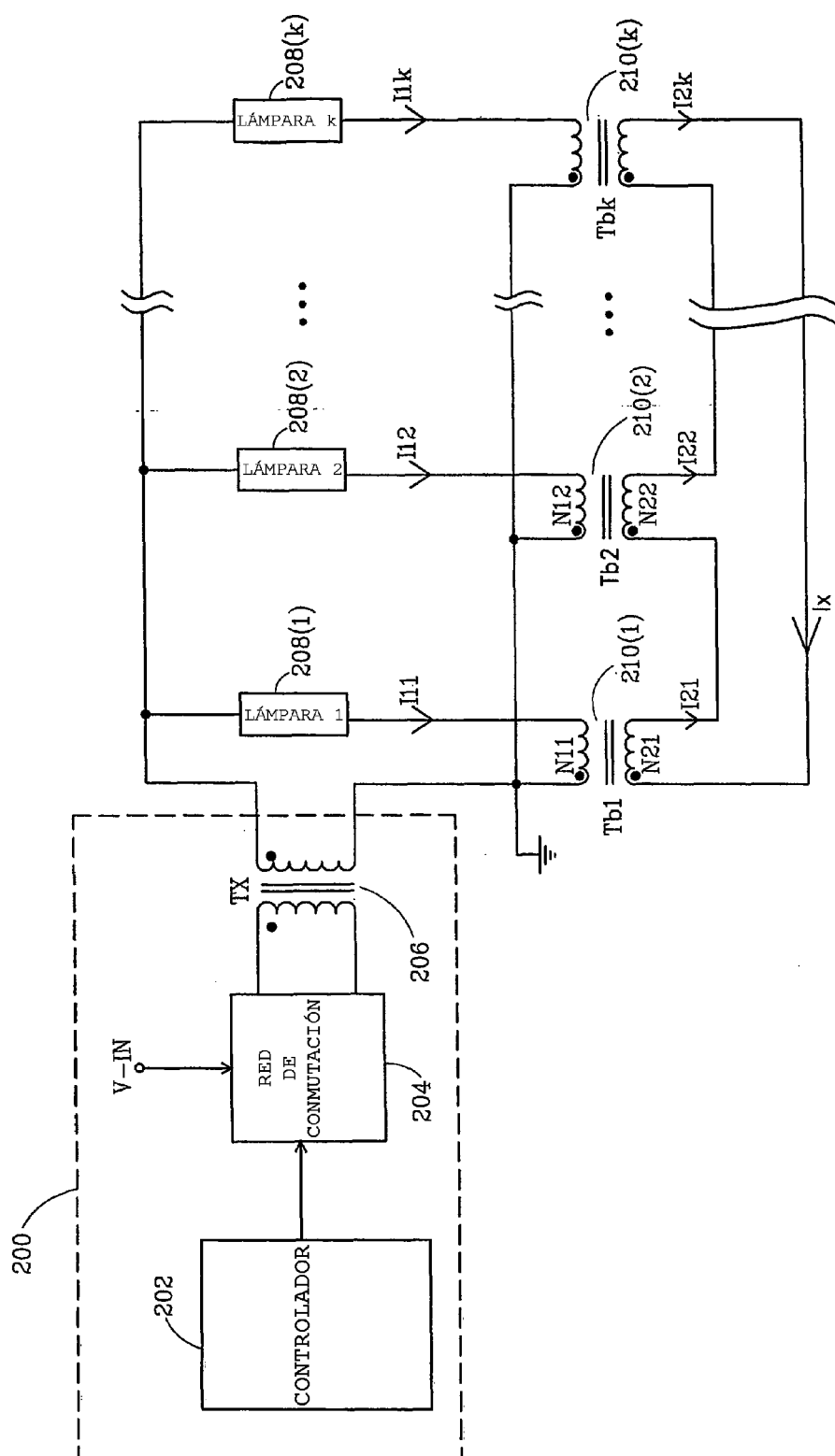


FIG. 3

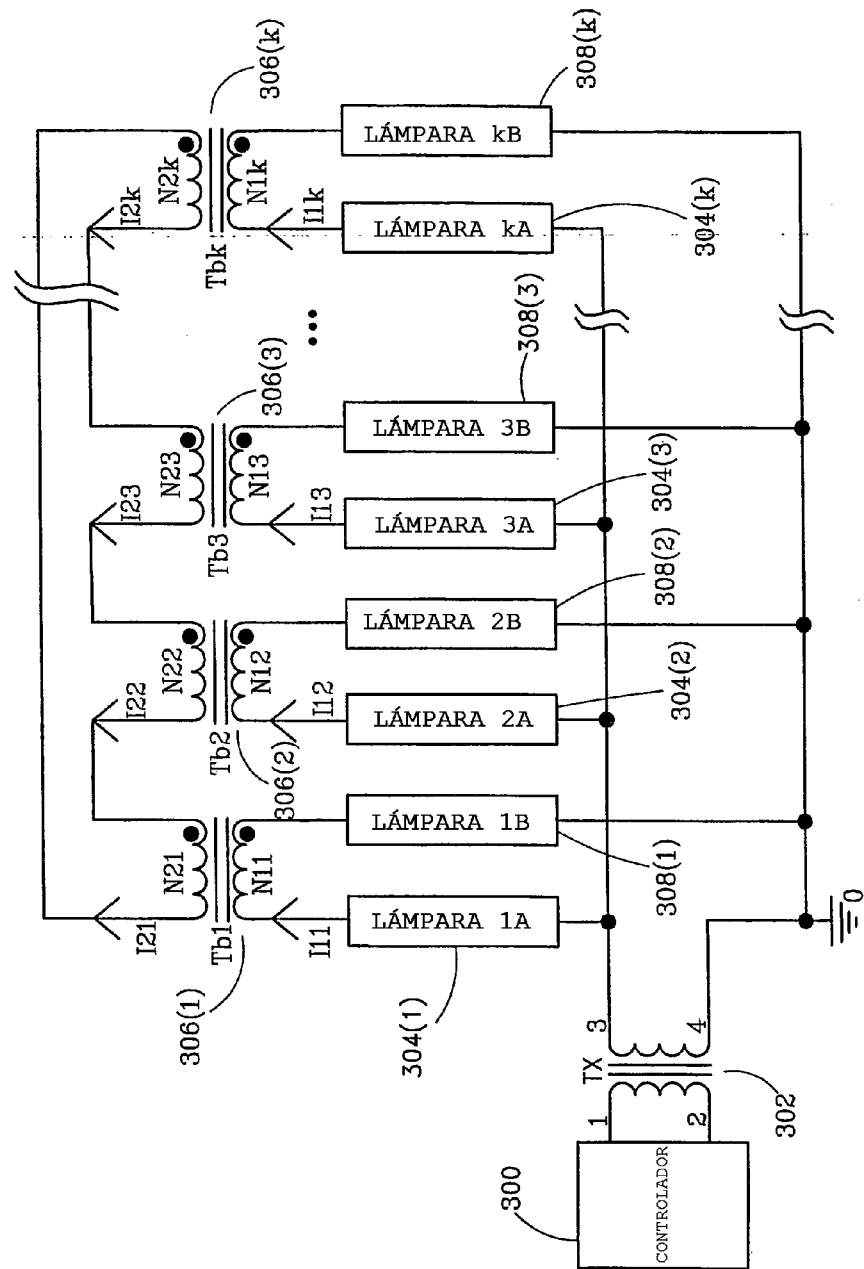


FIG. 4

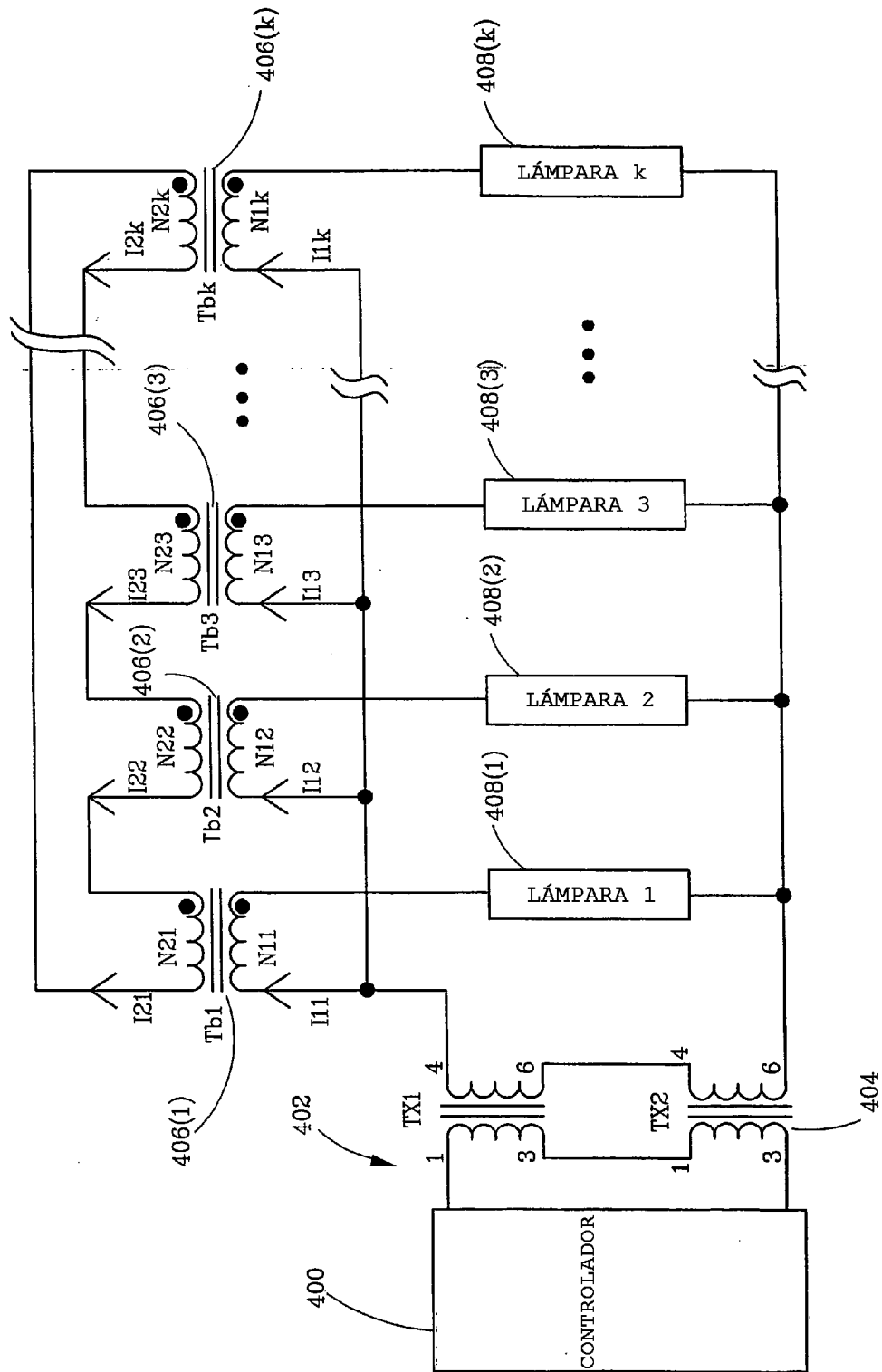
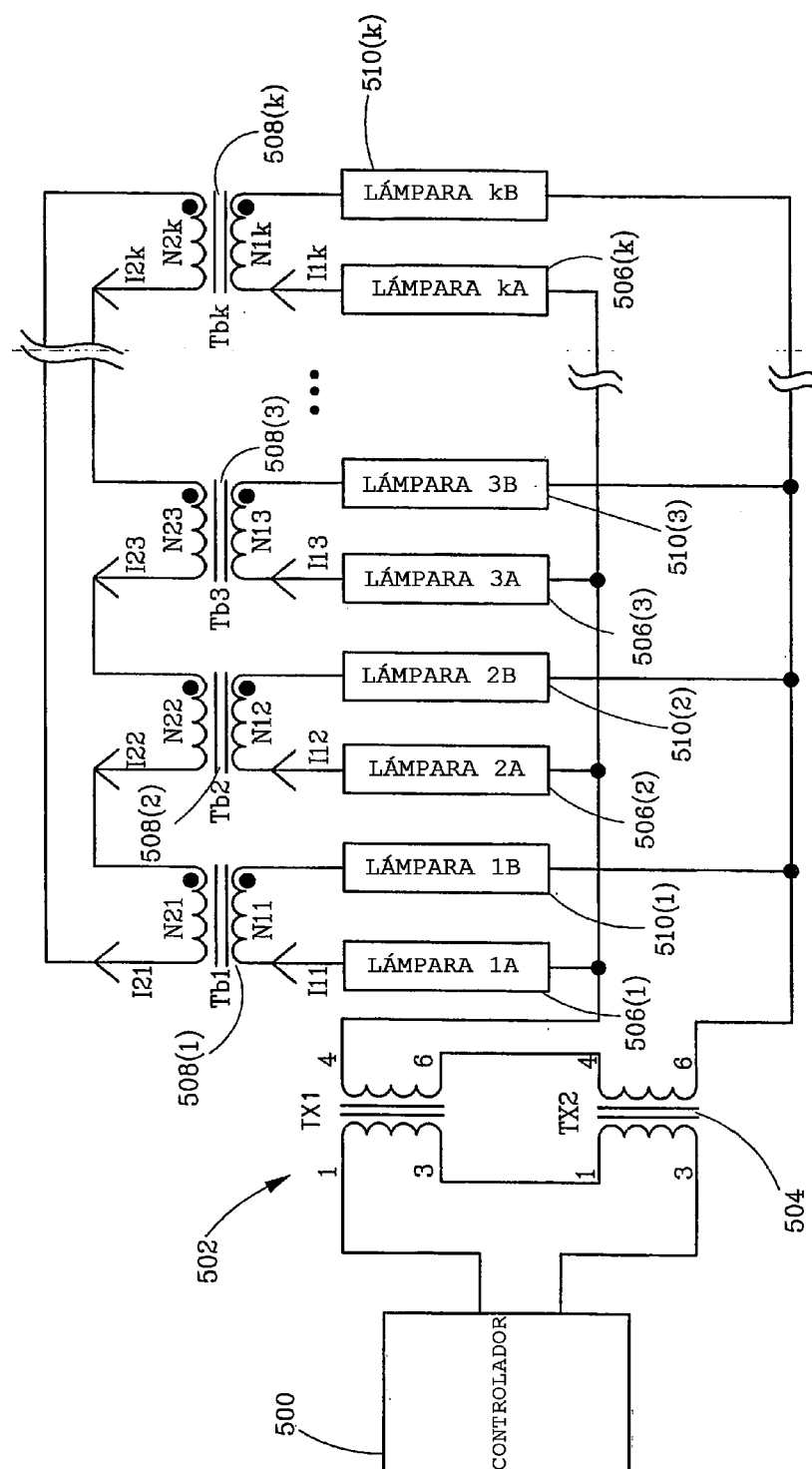


FIG. 5



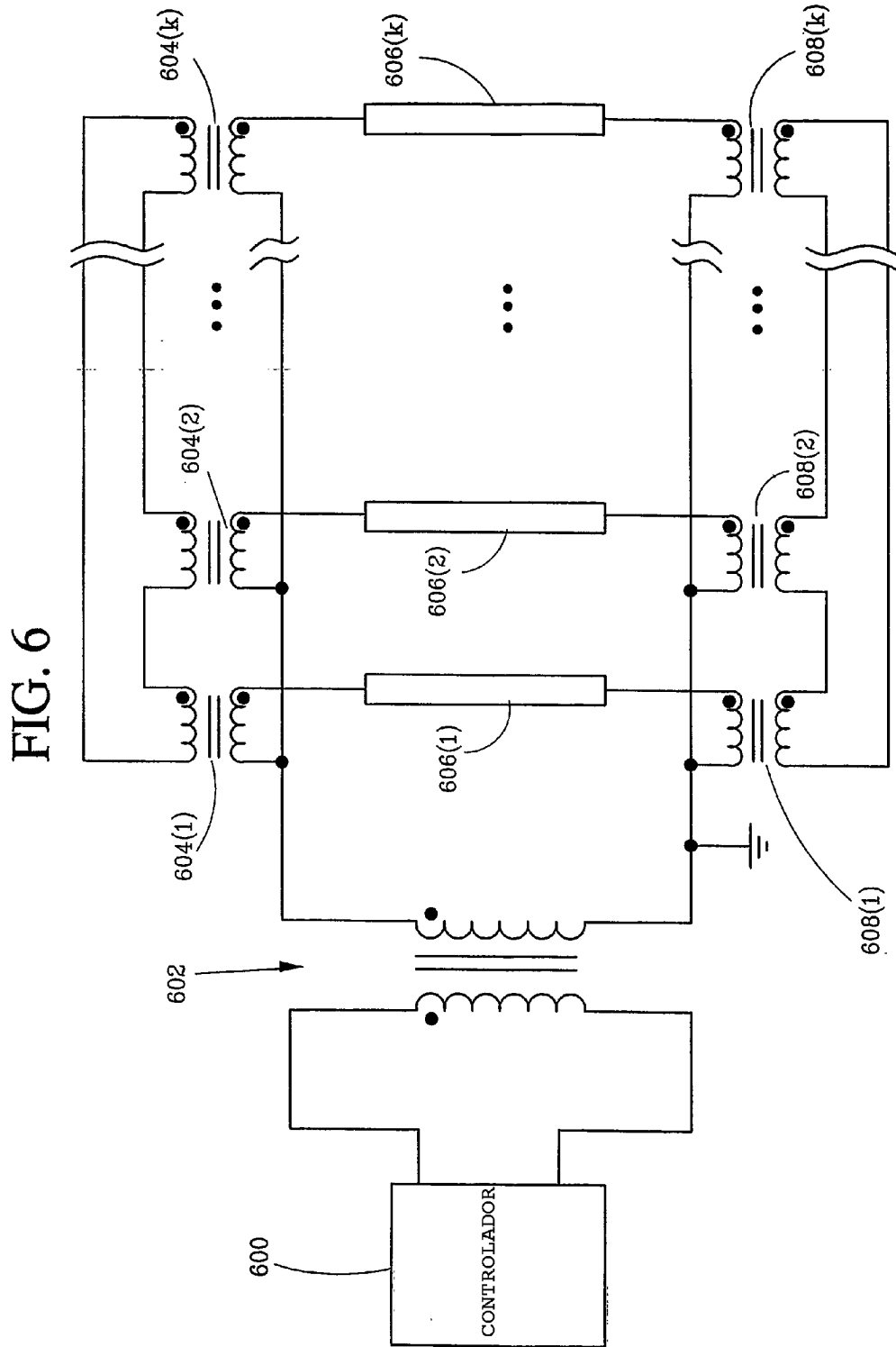
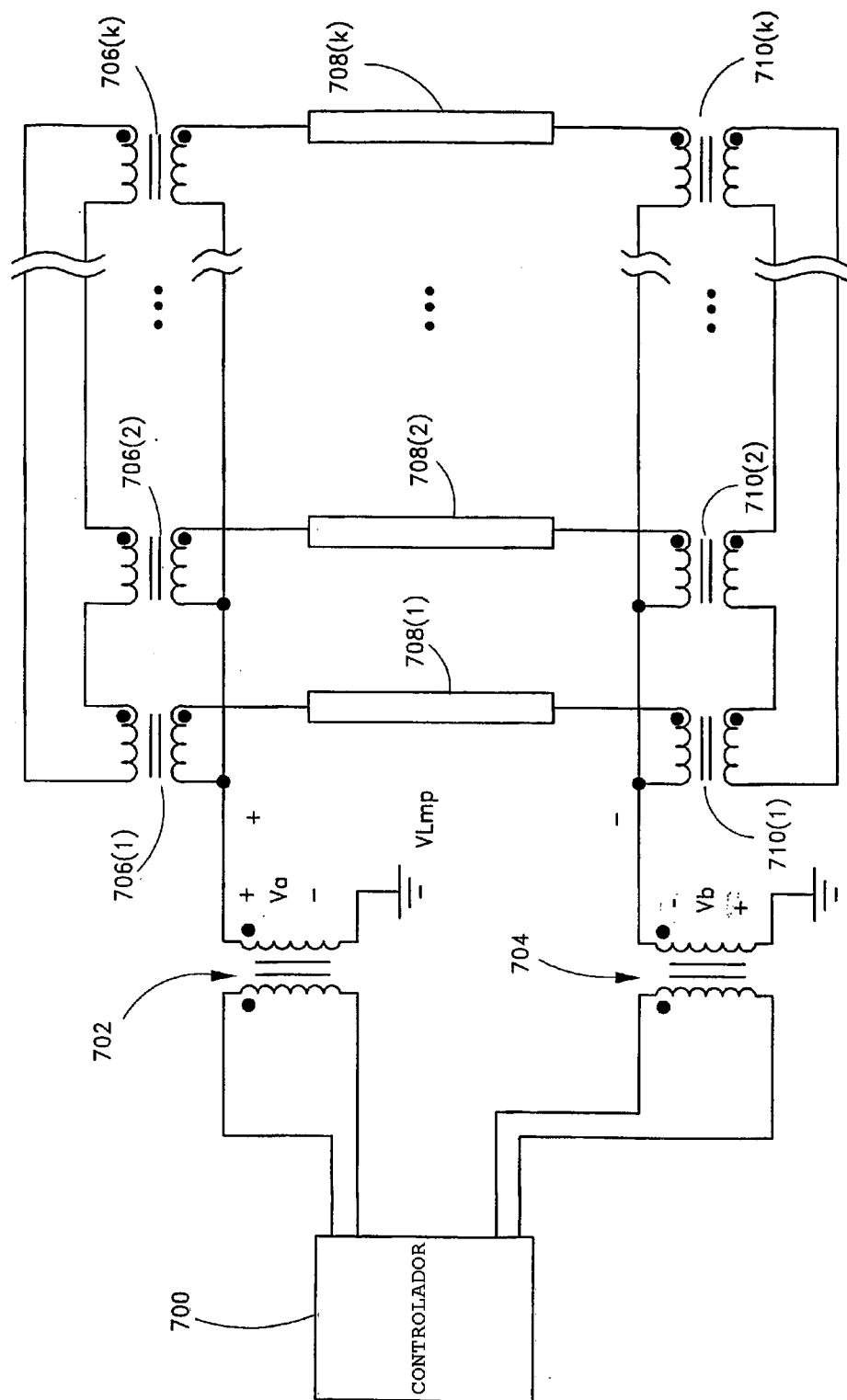


FIG. 7



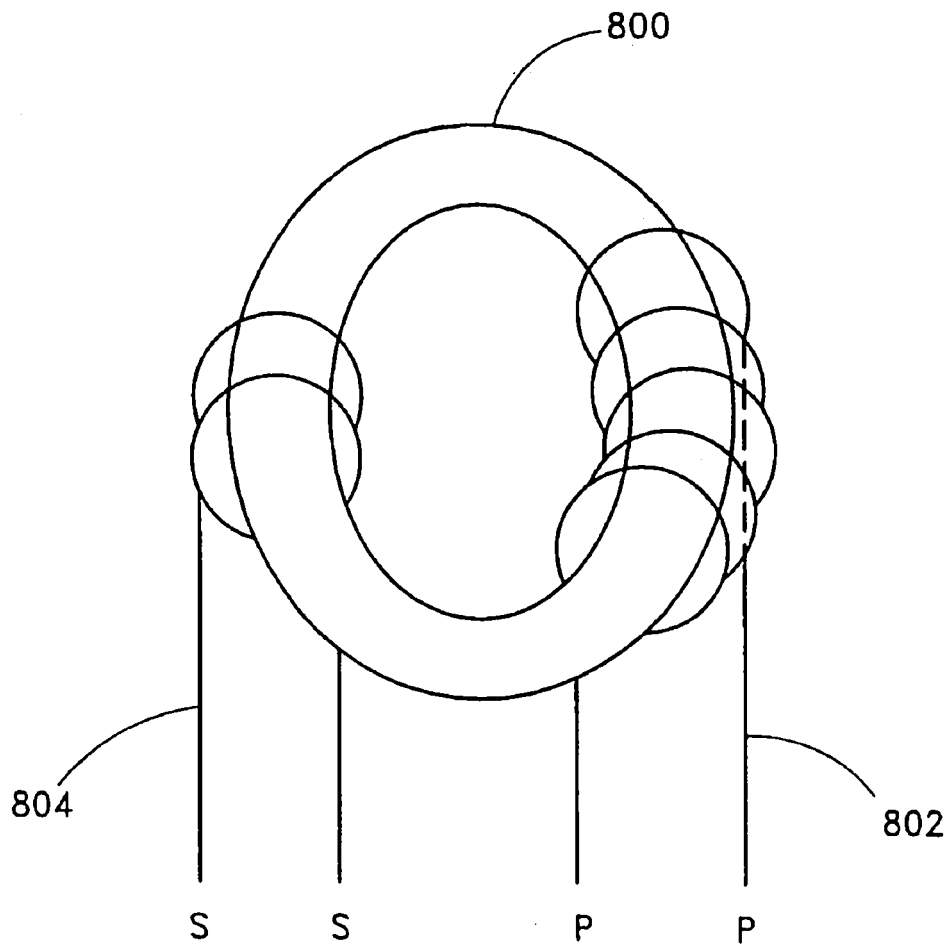
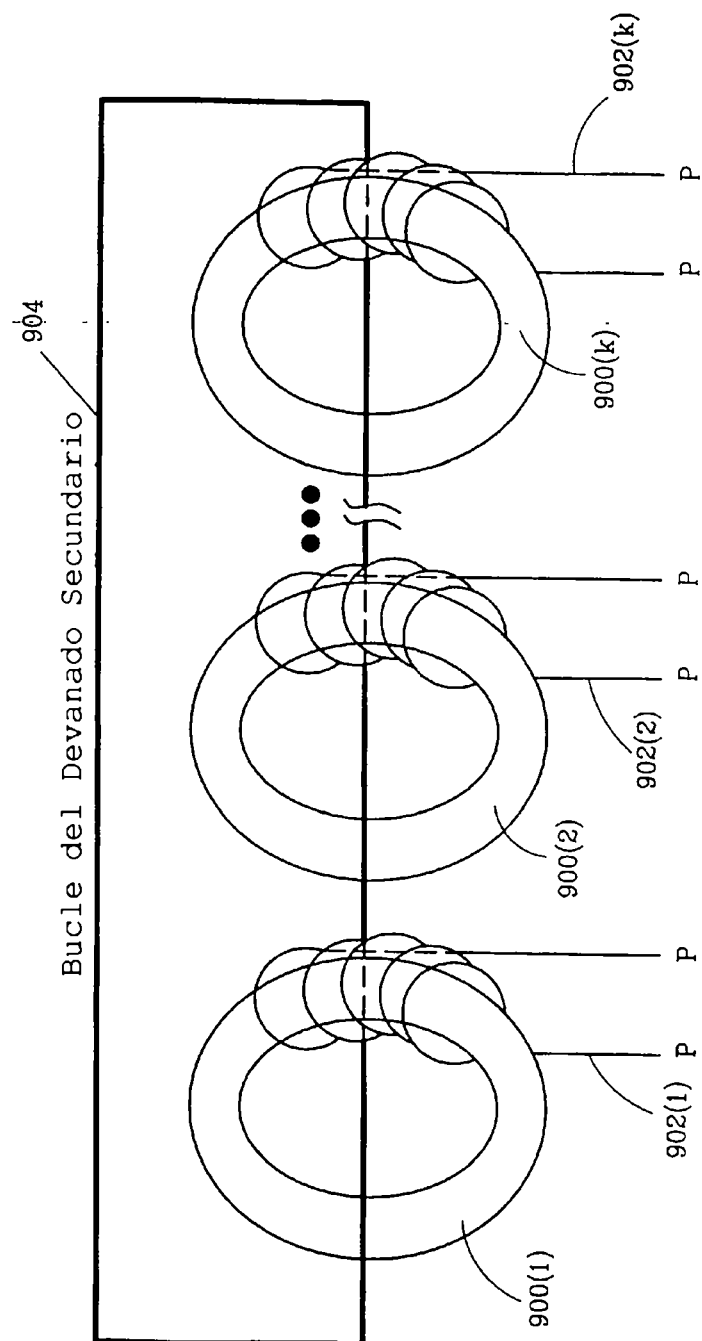


FIG. 8

FIG. 9



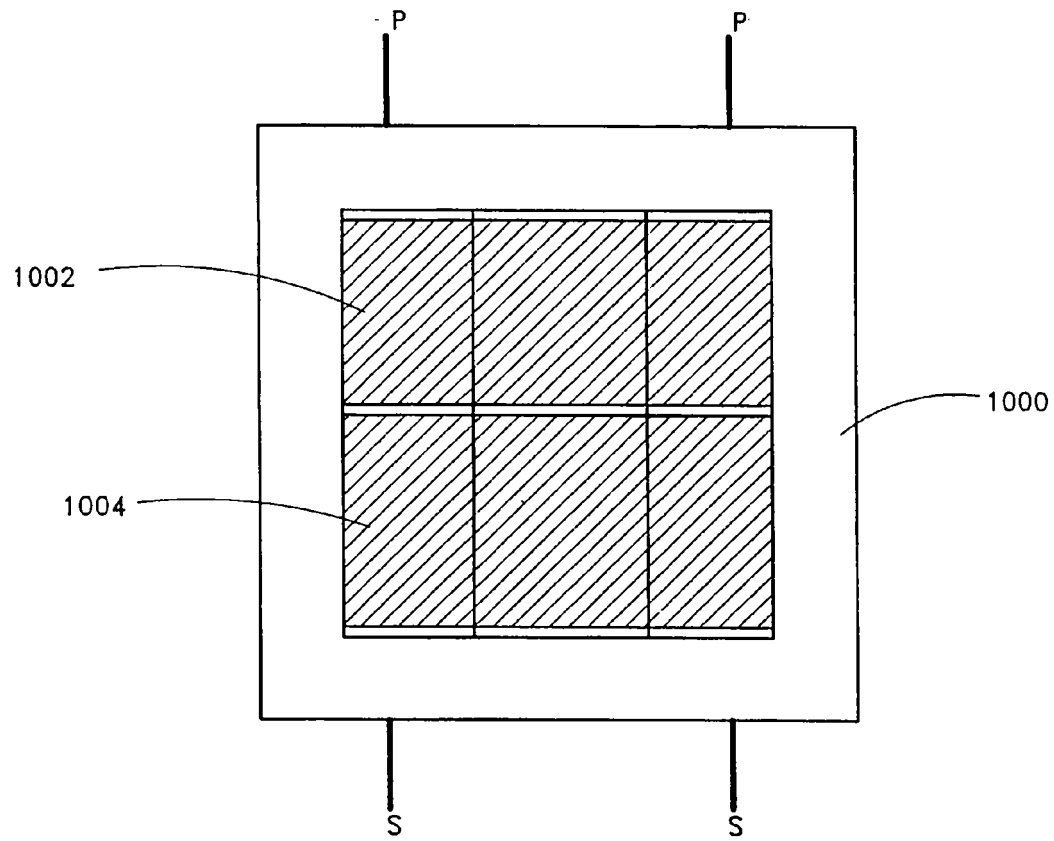


FIG. 10

FIG. 11

