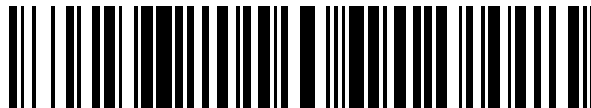


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 621**

51 Int. Cl.:

H02M 1/42 (2007.01)

H02M 3/335 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2010** **E 10740303 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.09.2015** **EP 2449665**

54 Título: **Circuito de alimentación de bajo coste y procedimiento**

30 Prioridad:

03.07.2009 EP 09164493

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

22.12.2015

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**VAN DER VEEN, GEERT, WILLEM y
SNELTEN, JEROEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 554 621 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Circuito de alimentación de bajo coste y procedimiento

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de los circuitos de alimentación y los procedimientos y más específicamente a suministrar energía en una aplicación de iluminación a una carga que comprende una pluralidad de diodos emisores de luz, LED.

10

Antecedentes de la invención

En el campo de los suministros de energía, se conoce el uso de un convertidor LLC, por ejemplo a partir del documento US 6.344.979. Un convertidor LLC comprende una disposición en serie de una primera disposición paralela de un primer conmutador y un primer diodo y una segunda disposición paralela de un segundo conmutador y un segundodiodo. La disposición en serie se acopla entre un primer terminal de entrada y un segundo terminal de entrada para recibir una tensión de entrada CC. Una tensión en el primer terminal es positiva con respecto a una tensión en el segundo terminal. El cátodo del primer diodo y el cátodo del segundo diodo se dirigen al primer terminal. El primer diodo puede estar extrínseco, o puede estar intrínseco al primer conmutador. Asimismo, el segundo diodo puede estar extrínseco, o puede estar intrínseco al segundo conmutador. Una disposición en serie de un condensador, un primer inductor y un segundo inductor se acopla en paralelo al primer diodo o al segundo diodo. Uno del primer inductor y del segundo inductor puede ser un transformador. Un rectificador y un filtro se acoplan al primer inductor o al segundo inductor para suministrar una tensión de salida CC filtrada. Un circuito de control comprende un medio de control de conmutación para controlar la frecuencia de una conmutación encendida y apagada del primer conmutador y del segundo conmutador.

15

20

25

30

35

La topología del convertidor LLC tiene varias ventajas, tales como una Interferencia Electromagnética baja, EMI y una eficacia alta. La tensión de salida del convertidor LLC se controla normalmente por control de retroalimentación de la frecuencia de conmutación de los conmutadores. El convertidor LLC puede accionarse sobre la frecuencia de resonancia para evitar una conmutación difícil. En este denominado modo de conmutación suave, la corriente a través del primer conmutador apagado es positiva antes del momento de apagar. Como resultado, la tensión en el nodo de conexión entre el primer y el segundo conmutador conmuta y el segundo diodo paralelo al segundo conmutador conmuta, y el segundo diodo paralelo al segundo conmutador empieza a conducir la corriente. El segundo conmutador puede encenderse en el momento en el que el segundo diodo está conduciendo, así virtualmente no se produce ninguna pérdida de conmutación. En tales condiciones operativas, el uso de MOSFET, Transistores de Efecto de Campo de Semiconductor de Oxido Metálico, como los conmutadores que comprenden diodos intrínsecos es el más adecuado.

40

45

Para un funcionamiento de control estable próximo a la frecuencia de resonancia del convertidor LLC, el circuito de control tendría que adaptarse a cualquier cambio de las condiciones operativas. Sin embargo, esta no es una solución factible para la mayoría de las aplicaciones. Por otro lado, el control de frecuencia puede usarse cuando la frecuencia operativa no esté próxima a la frecuencia de resonancia. Sin embargo, en esta situación la curva de frecuencia necesaria sería grande para cubrir todas las variaciones de tensión de entrada y salida. Por tanto, cuando se usa un convertidor LLC, es necesaria una circuitería de control normalmente extensa (y por lo tanto cara) para obtener el rendimiento deseado, por ejemplo cuando se use el convertidor LLC en un circuito de alimentación para accionar un módulo de iluminación LED conteniendo una pluralidad de LED, tal como una o más secuencias de LED, en uno o más canales de color.

Sumario de la invención

50 Sería deseable proveer un circuito de alimentación que tuviera un buen rendimiento a bajo coste.

Para abordar mejor uno o más de estos asuntos, en un primer aspecto de la invención se provee un circuito de alimentación que se configura para suministrar una salida de corriente CC estable. En un modo de realización, el circuito de alimentación comprende una etapa de conversión LLC para convertir una entrada de tensión CC en una salida de tensión CC y al menos una etapa de conversión histerética que tiene una entrada de tensión CC acoplada a la salida de tensión CC de la etapa de conversión LLC y que tiene una salida de corriente CC. La etapa de conversión LLC carece de un control de retroalimentación.

55

60

En un modo de realización de la invención, la etapa de conversión LLC se configura para funcionar en una frecuencia predeterminada. Más en particular, la etapa de conversión LLC se configura para funcionar en un punto independiente de carga de la misma, que tiene una ganancia de tensión igual a uno.

En un aspecto adicional de la invención, se provee una disposición de iluminación, que comprende el circuito de alimentación de la invención. Cada salida de corriente CC del circuito de alimentación puede acoplarse a un módulo de iluminación LED.

5 En otro aspecto adicional de la invención, se provee un procedimiento para suministrar una corriente CC estable a al menos una carga. El procedimiento comprende: convertir una entrada de tensión CC en una salida de tensión CC por una etapa de conversión LLC que funciona en una frecuencia predeterminada; convertir la salida de tensión CC de la etapa de conversión LLC en al menos una salida de corriente CC por una etapa de conversión histerética correspondiente; y suministrar al menos una salida de corriente CC a al menos una carga.

10 La etapa de conversión LLC se hace funcionar en un punto independiente de carga y no necesita ningún circuito de control elaborado. Cada etapa de conversión histerética produce una corriente de salida estable independiente de la tensión de entrada, así que una variación de tensión en la salida de tensión CC de la etapa de conversión LLC descontrolada no tendrá ningún efecto en la salida de corriente de la etapa de conversión histerética.

15 En otras palabras, la presente invención propone usar una fuente de tensión descontrolada sin ningún medio de retroalimentación (la etapa de conversión LLC) para proveer una tensión de salida de estado constante, en combinación con uno o más accionadores de corriente de carga que no se afectan por la onda y la tolerancia en la tensión de salida de la etapa de conversión

20 LLC. Esto dará como resultado un sistema de bajo coste con buen rendimiento, que provee adicionalmente una alta eficacia y un buen funcionamiento de la compatibilidad electromagnética, EMC.

25 Estos y otros aspectos de la invención se apreciarán más fácilmente a medida que la misma se entienda mejor por referencia a la siguiente descripción detallada y se considere en conexión con los dibujos adjuntos en los que símbolos de referencia similares designan partes similares.

Breve descripción de los dibujos

30 La Figura 1 representa un diagrama en bloque de un modo de realización de un circuito de alimentación de la presente invención, conectado a una carga.

La Figura 2 representa un diagrama de circuito de un modo de realización de una etapa de conversión LLC para un circuito de alimentación de la presente invención.

35 La Figura 3 representa un diagrama de una ganancia de la etapa de conversión LLC a través de un intervalo de frecuencia para cargas diferentes de la etapa de conversión LLC de la Figura 2.

40 La Figura 4 representa un diagrama de circuito de un modo de realización de una etapa de conversión histerética para un circuito de alimentación de la presente invención.

La Figura 5 representa un diagrama de tiempo de una corriente de salida del convertidor histerético de la Figura 4.

Descripción detallada de los modos de realización.

45 La Figura 1 representa un diagrama esquemático de un modo de realización de un circuito de alimentación 100, conectado a una carga 102 a través de terminales de salida 104. El circuito de alimentación 100 comprende una primera etapa de conversión 110 para convertir una tensión de entrada de red CA suministrada en terminales de entrada 106 en una tensión de salida CC (por ejemplo 430 V) en terminales 112. La primera etapa de conversión 110 puede ser un convertidor elevador y comprende un circuito rectificador y una circuitería de corrección del factor de potencia, PFC, como se conoce por se por los expertos en varios modos de realización. Si una tensión (de red o de bus) CC estuviera disponible en lugar de, o además de la tensión de red CA, podría omitirse la primera etapa de conversión 110.

50 La tensión de salida CC de la primera etapa de conversión 110 (o una tensión de red o de bus CC) se suministra a los terminales de tensión de entrada CC 114 de una segunda etapa de conversión, que también se refiere como etapa de conversión LLC 116. La etapa de conversión LLC 116 genera una tensión CC en los terminales de salida 118. Un diagrama de circuito de un modo de realización de la etapa de conversión LLC 116 se muestra en la Figura 2 y se discute en detalle a continuación.

60 La tensión de salida CC de la segunda etapa de conversión 116 se suministra a los terminales de tensión de entrada CC 120 de una tercera etapa de conversión, que también se refiere como etapa de conversión histerética 122. La etapa de conversión histerética 122 genera una corriente CC en los terminales de salida 104. Un diagrama de circuito de un modo de realización de la etapa de conversión histerética 122 se muestra en la Figura 4 y se discute en detalle a continuación.

La carga 102 puede comprender una pluralidad de LED, tal como una o más series de LED.

El circuito de alimentación 100 puede comprender una pluralidad de etapas de conversión histerética 122 acopladas en paralelo a la etapa de conversión LLC 116, teniendo cada etapa de conversión histerética 122 su propia carga. Por tanto, cada etapa de conversión histerética 122 por ejemplo puede ser uno de un canal de color rojo, verde, azul (RGB) o puede ser uno de un canal de color rojo, verde, azul o blanco (RGBW) en una aplicación de iluminación LED.

Usando una etapa de conversión LLC 116 en el circuito de alimentación 100, puede generarse una corriente de suministro aislada, mientras que también una tensión de salida CC alta de la primera etapa de conversión 110 puede unirse con una tensión de carga baja a través de un índice de bobinado de un transformador de la etapa de conversión LLC 116.

La Figura 2 muestra una etapa de conversión LLC 116 que comprende una disposición en serie de un primer conmutador 201 y un segundo conmutador 202. Los conmutadores 201, 201 se representan como MOSFET, pero también pueden representarse como otro tipo de conmutador semiconductor. Los MOSFET comprenden un diodo intrínseco que puede, sin embargo, suplementarse con un diodo externo. También en el caso de otro tipo de conmutador semiconductor, puede proveerse un diodo externo, ya que esta función es obligatoria en la etapa de conversión LLC 116. La disposición en serie del primer conmutador 201 y del segundo conmutador 202 se acopla entre los terminales de entrada 114, marcados Vbus y como una conexión en masa en la Figura 2, para recibir una tensión de entrada CC desde la primera etapa de conversión 110. Una tensión en el terminal 114 marcado Vbus es positiva con respecto a una tensión en el otro terminal 114. Un cátodo del diodo intrínseco o extrínseco al primer conmutador 201 y un cátodo del diodo intrínseco o extrínseco al segundo conmutador 202 se dirigen al terminal 114 marcado Vbus. Una disposición en serie de un condensador 204, un primer inductor 206 y un segundo inductor 208 se acopla en paralelo al segundo conmutador 202, aunque esta disposición en serie podría acoplarse alternativamente en paralelo al primer conmutador 201. El segundo inductor 208 es un transformador que tiene un bobinado primario acoplado entre el condensador 204 y el primer inductor 206 y que tiene un bobinado secundario con toma central. El primer inductor 206 también puede ser una parte intrínseca del segundo inductor 208 y puede representar una inductancia de fugas del segundo inductor 208 (transformador). Esto implica que en tal situación existe solo un componente magnético en la etapa de conversión LLC 116 en la práctica. Por otro lado, en algunas aplicaciones no es necesario ningún aislamiento (como se provee por el transformador) y un inductor puede reemplazar el transformador.

Un circuito rectificador que comprende una disposición paralela del diodo 210 y del diodo 212 acoplados en paralelo con un condensador de filtro 214 se acopla al segundo inductor 208 para suministrar una tensión de salida CC filtrada aislada en terminales de salida 118, marcados Vout y como una conexión masiva en la Figura 2. Un circuito de control 216 acoplado a los terminales de control G1 y G2 comprende un medio de control de conmutación no mostrado en más detalle para controlar la frecuencia de una conmutación encendida y apagada del primer conmutador 201 y el segundo conmutador, respectivamente.

El circuito de control 216 no comprende ningún medio de control de retroalimentación y usa un dispositivo temporizador preestablecido para proveer una frecuencia de conmutación fijada del primer conmutador 201 y del segundo conmutador 202. Una selección de la frecuencia de conmutación se elucida por referencia a la Figura 3.

La Figura 3 muestra a modo de ejemplo un diagrama de la ganancia de la etapa de conversión LLC (ganancia de tensión G) para diferentes condiciones de carga, donde la condición de carga representada por una línea A es una carga alta (corriente alta, impedancia baja) y las condiciones de carga representadas por las líneas B, C, D, E y F son posteriormente cargas decrecientes (menos que la corriente alta, más que la impedancia baja), donde la condición de carga representada por la línea F es una carga baja (corriente baja, impedancia alta). Por ejemplo, el índice de inductancias del segundo inductor 208 y el primer inductor 206 es igual a 4. En el intervalo de frecuencia representado en la Figura 3 (100 krad/s - 1 Mrad/s), un punto independiente de carga puede reconocerse cerca de 300 krad/s. Esto es la frecuencia en la que la etapa de conversión LLC 116 funciona en su punto independiente de carga. Con los componentes de circuito idealizados, en esta frecuencia de resonancia la tensión de salida siempre tendrá el mismo valor, independiente del valor de carga, en otras palabras: la ganancia de tensión $G = 1$. En un circuito práctico, una dependencia de carga pequeña de la tensión de salida se producirá, por ejemplo debido a una resistencia en serie de los componentes inductivos y a una tensión directa de diodos. Cuando la tensión CC suministrada por la primera etapa de conversión 110 a la etapa de conversión LLC 116 es estable y está controlada, la tensión de salida de la etapa de conversión LLC, que depende de la variación de tensión CC de entrada proporcionalmente, también será estable. Esta condición operativa se asegura cuando la primera etapa de conversión 110 por ejemplo es un circuito PFC convertidor elevador.

La Figura 4 muestra una etapa de conversión histerética 122, en el modo de realización que muestra una etapa de conversión inferior histerética, que comprende una disposición en serie de un tercer conmutador 402 y un diodo 404. El cátodo del diodo 404 se dirige al conmutador 402. El conmutador 402 se representa como un MOSFET, pero también puede representarse como otro tipo de conmutador semiconductor. La disposición en serie del conmutador 402 y el

diodo 404 se acopla entre los terminales de tensión de entrada CC 120, marcados como VDC y como un terminal a tierra, GND, para recibir una tensión de entrada CC desde la etapa de conversión LLC 116. Un tercer inductor 406 tiene un terminal acoplado al cátodo del diodo 404 y un terminal opuesto que es uno de los terminales de salida de corriente CC 104. Una carga que comprende una pluralidad de diodos emisores de luz, LED, 408, o una o más series de LED, puede acoplarse entre los terminales de salida 104. En el modo de realización mostrado, la etapa de conversión histerética es un tipo de convertidor reductor. Sin embargo, la presente invención también puede aplicarse a tipos de convertidores elevadores o a tipos de convertidores reductores-elevadores de una etapa de conversión histerética.

La etapa de conversión histerética 122 comprende un circuito de control 410 que se indica con una línea discontinua en la Figura 4. Para mayor claridad, algunos componentes que son innecesarios para un entendimiento de la presente invención por el experto en la materia, tales como componentes que proveen un accionamiento de puerta, protección y que permiten la lógica se han omitido.

Un resistor 412 se acopla entre uno de los terminales de salida 104 y el ánodo del diodo 404. Un resistor 414 se acopla entre dicho uno de los terminales de salida 104 y una primera entrada 416 de un comparador 418. Una disposición en serie de resistores 420 y 422 se acopla entre un terminal de tensión de referencia 424 (por ejemplo 5 V) y un terminal de tierra, GND, 120. Un nodo 426 acoplado entre el resistor 420 y el resistor 422 se acopla a la segunda entrada 428 del comparador 418. Un resistor 430 se acopla entre el nodo 426 y uno de los terminales de salida de corriente CC 104 acoplados al tercer inductor 406. Un resistor 432 se acopla entre la segunda entrada 428 del comparador 418 y una salida 434 del comparador 418. La salida 434 se acopla a un terminal de control (puerta) del tercer conmutador 402. Un resistor 436 se acopla entre la primera entrada 416 del comparador 418 y uno de los terminales de tensión de entrada CC 120 acoplados al tercer conmutador 402.

La corriente de salida de una etapa de conversión histerética se mide con el resistor 412 que provee, a través del resistor 414, una tensión en la primera entrada 416 del comparador 418. Los resistores 420 y 422 fijan un nivel de tensión de referencia del comparador 418. El resistor 432 produce una histéresis en este nivel de tensión de referencia.

En la práctica, los componentes del circuito de la etapa de conversión histerética 122, en particular el circuito de control 410 de la misma, tienen un retardo de propagación que da como resultado un cortocircuito a través de la corriente de salida de la etapa de conversión histerética, como se ilustra en la Figura 5.

En la Figura 5, un primer nivel de corriente (idealizado) I_1 indica una corriente de salida máxima cuando se conmuta el tercer conmutador 402 desde un estado de conducción hasta un estado de no conducción cuando estuvieran ausentes los retardos de propagación. Un segundo nivel de corriente (idealizado) I_2 indica una corriente de salida mínima cuando se conmuta el tercer conmutador 402 desde un estado de no conducción hasta un estado de conducción cuando estuvieran ausentes los retardos de propagación. Cuando se conmuta el tercer conmutador 402 desde un estado de no conducción hasta un estado de conducción, la corriente de salida aumenta de I_2 a I_1 como se determina sustancialmente por el tercer inductor 406. Cuando se conmuta el tercer conmutador 402 desde un estado de conducción hasta un estado de no conducción, la corriente de salida disminuye de I_1 a I_2 . Por tanto, se genera una corriente de salida media de I_{avg} . Para su ilustración solo, I_1 puede ser hasta el 20 % más alto y I_2 puede ser hasta el 20 % más bajo, que I_{avg} .

Se indican efectos del cortocircuito de la corriente de salida de la etapa de conversión histerética por un tiempo de retardo de propagación $T_{p,off}$ cuando se conmuta el tercer conmutador 402 desde un estado de conducción hasta un estado de no conducción y por un tiempo de retardo de propagación $T_{p,on}$ cuando se conmuta el tercer conmutador 402 desde un estado de no conducción a un estado de conducción, respectivamente. Como se ilustra en la Figura 5, el tiempo de retardo $T_{p,off}$ da como resultado un sobreimpulso de error de corriente $I_{err,off}$, mientras que el tiempo de retardo $T_{p,on}$ da como resultado un subimpulso de error de corriente $I_{err,on}$, produciendo así un error de corriente de salida de media $I_{err,avg}$.

La cantidad de cortocircuitos se determina en parte por la tensión de entrada de la etapa de conversión histerética. Esto se compensa por el resistor 436, que se usa para una alimentación directa de la tensión de entrada al comparador 418. El resistor 430 se usa para una alimentación directa en el terminal de entrada 104 al nivel de tensión de referencia del comparador 418, para hacer a la corriente de salida sustancialmente independiente de la tensión en el terminal de salida 104.

Por tanto, la etapa de conversión histerética 122 provee una corriente de salida estable I_{avg} incluso en caso de fluctuaciones de tensión de entrada como puede ser el caso cuando se usa la etapa de conversión LLC 116 sin un control de retroalimentación. Consecuentemente, con etapas de conversión relativamente simples (una etapa de conversión LLC 116 sin control de retroalimentación, acoplada a una etapa de conversión histerética 122) que comprenden relativamente pocos componentes, un circuito de alimentación puede ensamblarse proveyendo una corriente de salida estable. Esto es idealmente adecuado para accionar por ejemplo una carga LED o un canal (de color)

de la misma. En la práctica, una pluralidad de etapas de conversión histerética 122 acopladas en paralelo a una etapa de conversión LLC 116 pueden accionar diferentes canales de color LED.

5 Para la reducción de por ejemplo una carga LED, cada etapa de conversión histerética puede encenderse y apagarse en el funcionamiento de la modulación por amplitud de impulsos, PWM.

10 De acuerdo con la descripción precedente, un circuito de alimentación tiene una etapa de conversión LLC para convertir una entrada de tensión CC en una salida de tensión CC y al menos una etapa de conversión histerética. Cada etapa de conversión histerética tiene una entrada de tensión CC acoplada a la salida de tensión CC de la etapa de conversión LLC y una salida de corriente CC. La etapa de conversión LLC carece de un control de retroalimentación y se hace funcionar en su punto independiente de carga. Una onda en la salida de tensión CC del convertidor LLC no afecta la corriente de salida de la etapa de conversión histerética. La salida de corriente CC estable de la etapa de conversión histerética se acopla a una carga que tiene una o más series de LED.

15 El término acoplado, como se usa en el presente documento, se define como conectado, aunque no necesariamente directamente y no necesariamente mecánicamente.

Un único procesador u otra unidad puede cumplir las funciones de varios elementos citados en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito de alimentación (100) para suministrar una salida de corriente CC estable, comprendiendo el circuito de alimentación:
5 una etapa de conversión LLC (116) para convertir una entrada de tensión CC en una salida de tensión DC, comprendiendo adicionalmente el circuito de alimentación:
al menos una etapa de conversión histerética (122) que tiene una entrada de tensión CC (120) acoplada a la salida de tensión CC (118) de la etapa de conversión LLC (116) y
10 que tiene una salida de corriente CC (104; 118) y en el que la etapa de conversión LLC (116) carece de un control de retroalimentación.
2. El circuito de alimentación de la reivindicación 1, en la que la etapa de conversión LLC (116) se configura para funcionar en una frecuencia predeterminada.
- 15 3. El circuito de alimentación de la reivindicación 2, en la que la etapa de conversión LLC (116) se configura para funcionar en un punto independiente de carga.
4. El circuito de alimentación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en las que la tensión en la salida de corriente CC (104) de la etapa de conversión histerética (122) es más baja que la tensión en la entrada de
20 tensión CC (120) de la etapa de conversión histerética (122).
5. El circuito de alimentación de la reivindicación 4, en la que la etapa de conversión histerética (122) comprende un convertidor reductor (402, 404, 406).
- 25 6. El circuito de alimentación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente una etapa de conversión de red (110) para convertir una tensión de red CA en una salida de tensión CC, en las que la entrada de tensión CC (114) de la etapa de conversión LLC (116) se acopla a una salida de tensión CC (112) de la etapa de conversión de red (110).
- 30 7. Una disposición de iluminación que comprende el circuito de alimentación (100) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes y que tiene la salida de corriente CC (104; 118) de al menos una etapa de conversión histerética (122) acoplada a un módulo de iluminación LED (102; 408).
- 35 8. Un procedimiento para suministrar una corriente CC estable a al menos una carga, comprendiendo el procedimiento:
convertir una entrada de tensión CC en una salida de tensión CC por una etapa de conversión LLC (116) que se hace funcionar en una frecuencia predeterminada;
convertir la salida de tensión CC de la etapa de conversión LLC (116) en al menos una salida de corriente
40 CC por al menos una etapa de conversión histerética (122); y
suministrar al menos una salida de corriente CC a al menos una carga (102).
9. El procedimiento de la reivindicación 8, en la que la etapa de conversión LLC (116) se hace funcionar en un punto independiente de carga de la misma.

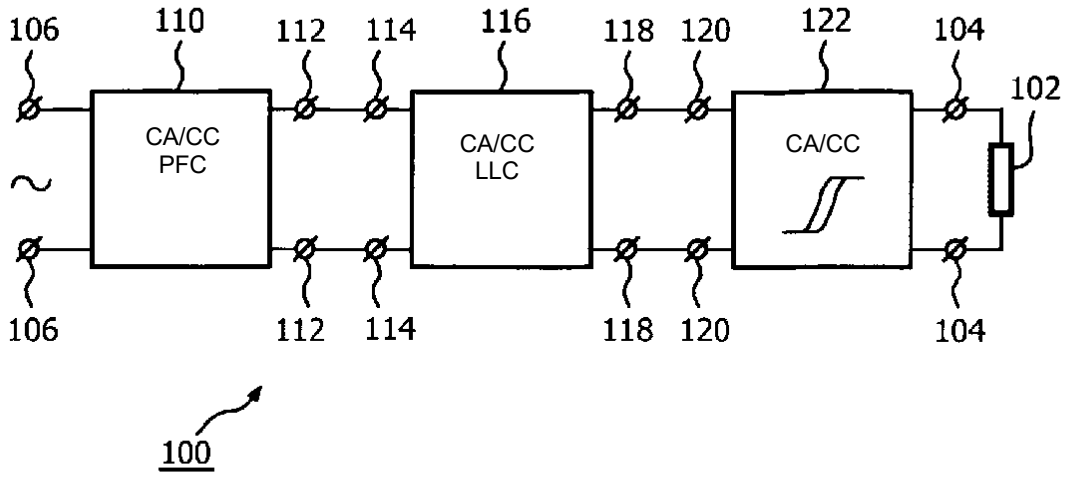


FIG. 1

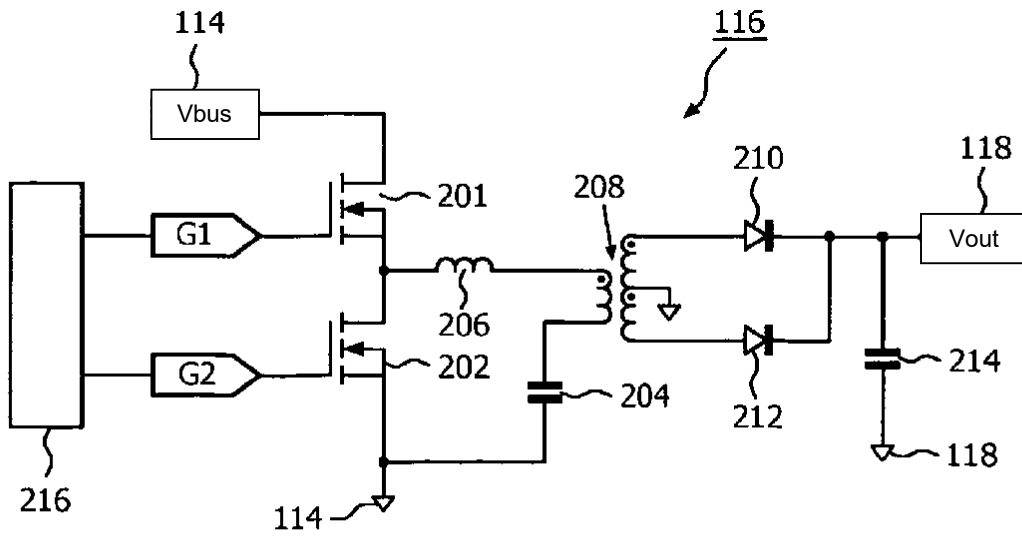


FIG. 2

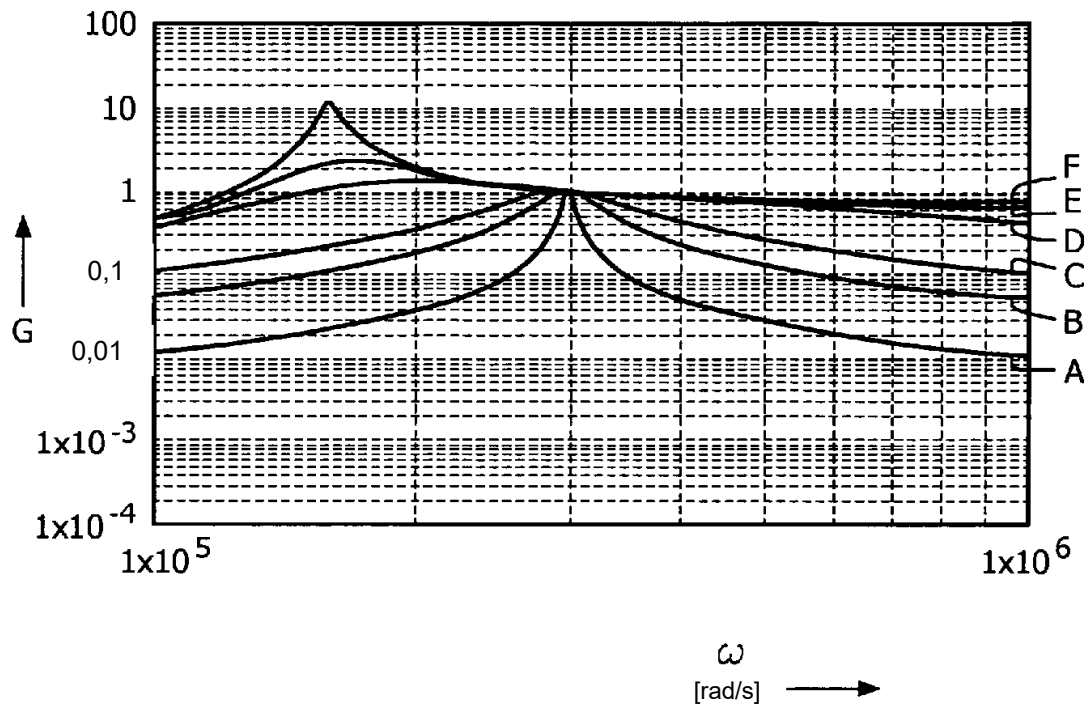


FIG. 3

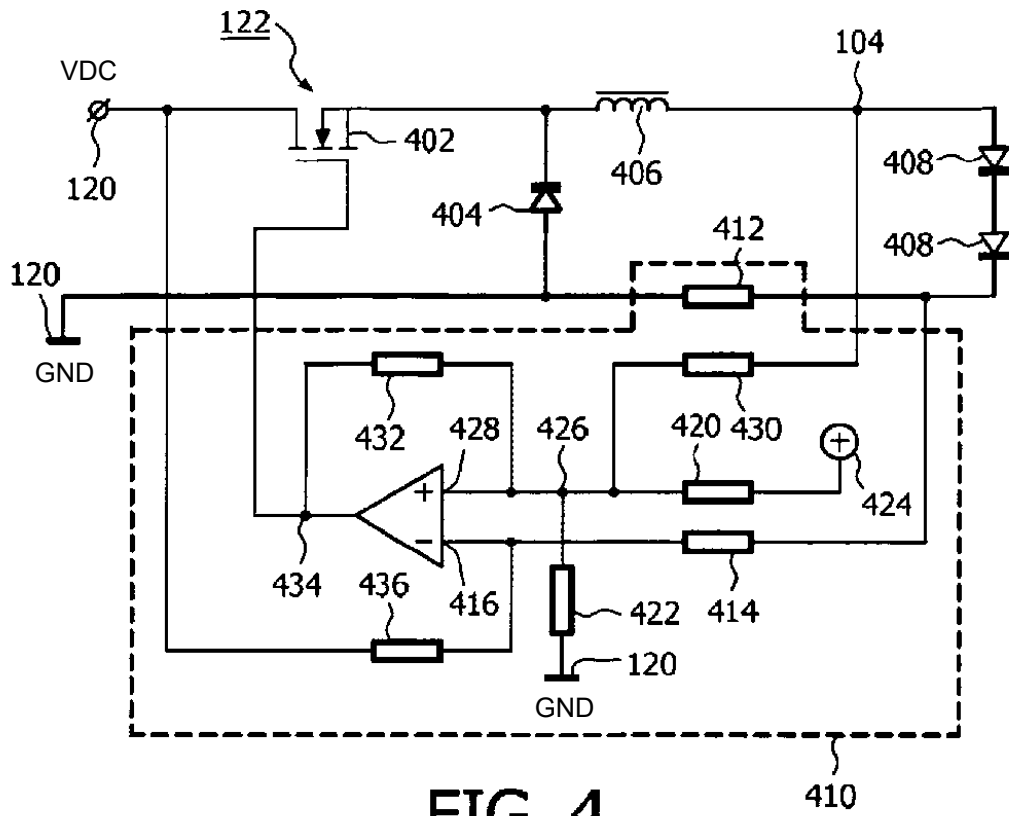


FIG. 4

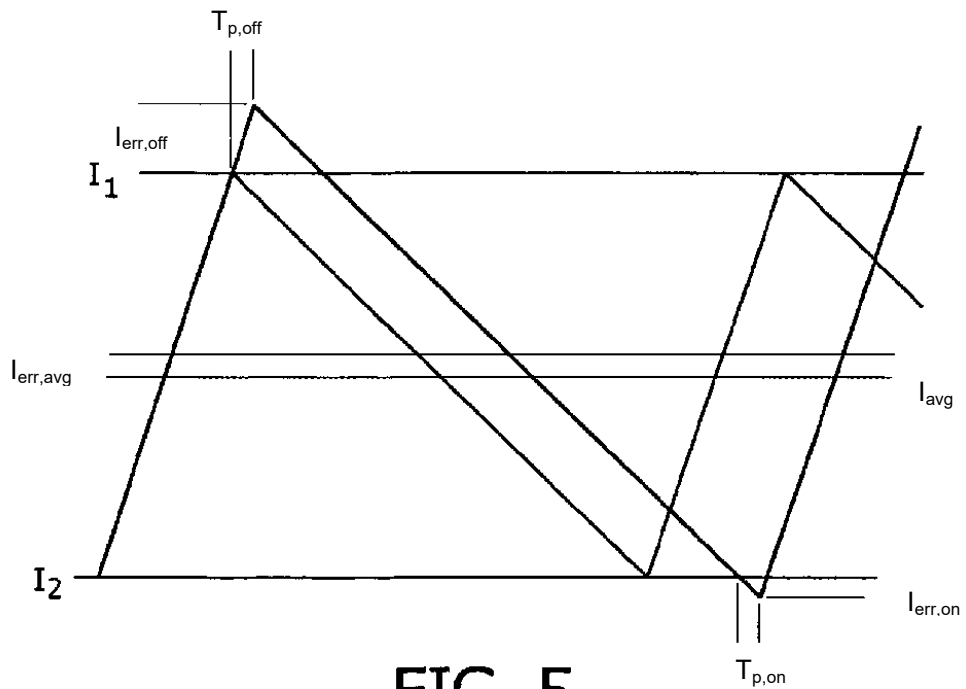


FIG. 5