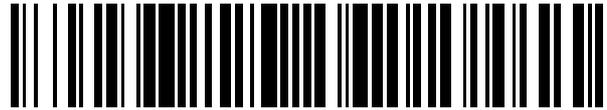


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 529**

51 Int. Cl.:

H05B 33/08 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2017 PCT/IB2017/052314**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.11.2017 WO17187309**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2017 E 17724635 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3449696**

54 Título: **Un circuito convertidor de conmutación**

30 Prioridad:

29.04.2016 IT UA20163028

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

04.11.2020

73 Titular/es:

**LEDCOM INTERNATIONAL S.R.L. (100.0%)
14 Via Camperio Manfredo
20123 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**VEDANI, SILVIO y
SANTI, MASSIMO**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 791 529 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

Un circuito convertidor de conmutación

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente invención se refiere al sector de las fuentes de luz LED (diodo emisor de luz), y en particular al sector de las fuentes de alimentación de fuentes de luz LED de potencia media y alta. La invención se ha desarrollado con especial atención, aunque no de forma limitante, a un circuito convertidor de conmutación, es decir, un convertidor de conmutación, particularmente adecuado para su uso como una segunda etapa de conversión de energía, o etapa de salida, de una fuente de alimentación para fuentes de luz LED.

TÉCNICA ANTERIOR

15 **[0002]** En el sector de las fuentes de alimentación para fuentes de luz LED de potencia media y alta, por ejemplo, con una potencia superior a 50 vatios, se conoce el uso de fuentes de alimentación con topologías de dos o tres etapas, en las que la etapa de aislamiento es comúnmente un convertidor de conmutación de retorno o un convertidor resonante LLC.

20 **[0003]** Las fuentes de alimentación de dos etapas son enfáticamente las más interesantes, ya que proporcionan alta eficiencia y bajos costes, pero tienen algunos inconvenientes. Las fuentes de alimentación de dos etapas realizadas con un convertidor de conmutación en tecnología resonante LLC requieren controladores complejos y proporcionan una dinámica de tensión de salida limitada. Las fuentes de alimentación de dos etapas realizadas con un convertidor de conmutación de retorno se caracterizan por una menor eficiencia, una fiabilidad limitada debido a la alta tensión eléctrica sobre los componentes producida por las altas tensiones causadas por los parámetros parásitos de los componentes, y un alto coste de los circuitos de control integrados necesarios para gestionar estos inconvenientes. Por lo tanto, la elección entre el uso de una segunda etapa con tecnología LLC o una con tecnología de retorno está determinada por una elección de compromiso entre la tensión de salida dinámica, la eficiencia y la fiabilidad del convertidor. Una de las soluciones adoptadas en la técnica anterior es la inserción de una tercera etapa de post-regulación. Sin embargo, el uso de esta tercera etapa conduce a una reducción drástica de la eficiencia de la fuente de alimentación y a un aumento en términos de costes y dimensiones.

35 **[0004]** Los documentos US 2014/009084 A1, US 2009/146575 A1, WO 2016/058021 A2 y US 2014/091718 A1 se refieren todos a un convertidor de potencia para accionar un LED y cada uno describe una medición de corriente del primario del transformador.

[0005] Numerosos experimentos realizados por el solicitante han puesto de manifiesto la necesidad de realizar un circuito convertidor de conmutación que pueda evitar la elección de compromiso descrita anteriormente, en términos de rendimiento, entre las tecnologías de retorno y LLC.

40 **[0006]** Uno de los principales objetivos de la presente invención es satisfacer esta necesidad.

[0007] Otro objetivo de la invención es realizar un circuito convertidor de conmutación que permita evitar todos los inconvenientes de los circuitos convertidores para fuentes de luz LED de tipo conocido.

45 **[0008]** Otro objetivo de la invención es mejorar el rendimiento de las fuentes de alimentación para fuentes de luz LED de potencia media y alta, usadas, por ejemplo, para alimentar dispositivos de iluminación de clase II.

50 **[0009]** Otro objetivo de la invención es mejorar la fiabilidad de una fuente de alimentación para fuentes de luz LED de tipo conocido.

[0010] Otro objetivo de la invención es reducir los costes de fabricación de una fuente de alimentación para fuentes de luz LED.

55 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0011] Una realización de la presente invención describe un circuito convertidor de conmutación que comprende las características de la reivindicación independiente 1.

60 **[0012]** Con esta solución es posible realizar un circuito de un convertidor de conmutación con tensión constante a corriente constante capaz de garantizar un alto grado de aislamiento galvánico.

[0013] También es posible controlar una corriente del circuito midiendo la tensión en los cabezales de la resistencia de medición.

65

[0014] Además, es posible obtener una reducción considerable de los costes de fabricación y la complejidad de una fuente de alimentación que comprende un convertidor de conmutación realizado

con el circuito de la presente invención.

5 **[0015]** En un aspecto adicional de la presente invención, el circuito convertidor comprende un par de MOSFET conectados al circuito integrado.

[0016] Con esta solución la eficiencia del circuito convertidor de conmutación es muy alta ya que las conmutaciones del MOSFET ocurren a tensión nula y los diodos intrínsecos de cada MOSFET comienzan a conducir
10 antes del encendido del MOSFET, evitando así la disipación de energía debido a las evacuaciones de los puntos de unión.

[0017] Con esta solución, la corriente de salida del circuito se puede controlar utilizando una tensión como magnitud de control y, por lo tanto, seguir los procedimientos histeréticos de control de tipo conocido.

15 **[0018]** En un aspecto adicional de la presente invención, el bucle de control comprende:

- un filtro de paso alto conectado al primer terminal de entrada,
- un filtro de paso bajo conectado al filtro de paso alto,
- 20 - un primer bloque de amplificación conectado al filtro de paso bajo, y
- un nodo de suma conectado al primer bloque de amplificación.

[0019] En un aspecto adicional de la presente invención, el bucle de control comprende:

- 25 - un segundo bloque de amplificación conectado al segundo terminal de entrada,
- un optoaislador conectado al segundo bloque de amplificación y al nodo de suma.

[0020] Con esta solución es posible obtener una forma de onda que es idéntica a la que se obtendría mediante una medición directa de la corriente que fluye en la inductancia de magnetización, y usarla como una entrada de
30 control del circuito integrado para el control histerético de la corriente.

[0021] Un aspecto adicional de la presente invención comprende una etapa desacopladora de la señal conectada al optoaislador y al nodo de suma.

35 **[0022]** Un aspecto adicional de la presente invención se refiere a una fuente de alimentación de fuente de luz LED que comprende un circuito convertidor de conmutación como se define en la presente descripción.

[0023] Con esta solución es posible mejorar el rendimiento y reducir los costes de las fuentes de alimentación para fuentes de luz LED de potencia media y alta.

40 **[0024]** Un aspecto adicional de la presente invención se refiere a un procedimiento de control para un circuito convertidor de conmutación que comprende las etapas de la reivindicación independiente 7.

[0025] Un aspecto adicional de la presente invención incluye etapas de:

- 45 - medir una corriente en la salida del circuito convertidor midiendo la tensión en los cabezales de la resistencia de medición,
- amplificar y filtrar la medida de la tensión a través del segundo bloque de amplificación,
- transmitir la forma de onda en la salida desde el bloque de amplificación al nodo de suma a través del optoaislador.

50 **[0026]** Una ventaja adicional de la presente invención deriva del hecho de que los efectos debidos a las sobretensiones vinculadas a los parámetros parásitos del par de inductores acoplados se manifiestan en el diodo. Por lo tanto, la fiabilidad del circuito convertidor de conmutación de la presente invención mejora considerablemente con respecto a las topologías de retorno tradicionales, donde los efectos parásitos se manifiestan en el MOSFET, que es
55 un componente más crítico desde el punto de vista de las sobretensiones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0027] Otras características y ventajas de la presente invención surgirán de forma más completa de la siguiente
60 descripción, hecha a modo de ejemplo con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- la figura 1 es una vista esquemática de un circuito convertidor de conmutación según la presente invención;
- la figura 2 es una vista en perspectiva de un bucle de control del circuito convertidor de conmutación de la figura 1;
- la figura 3 es una vista esquemática de un circuito de una fuente de alimentación de fuente de luz LED; y
- 65 - las figuras 4a a 4f son una representación esquemática de las formas de onda presentes en el circuito de la presente

invención.

MEJORES MODOS DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

- 5 **[0028]** La figura 1 ilustra una realización de un circuito convertidor de conmutación aislado según la presente invención, denotado en su totalidad por el número de referencia 1, y al que se hará referencia en aras de la brevedad a continuación como el circuito convertidor 1.
- 10 **[0029]** El circuito convertidor 1 incluye al menos un terminal de entrada IN1, particularmente adecuado, en uso, para conectarse a una fuente de tensión eléctrica, en particular una fuente de tensión continua V_{DCbus} .
- [0030]** El circuito convertidor 1 incluye un par de inductores acoplados 10, representados por el equivalente de un modelo bipolar doble que comprende un transformador ideal T, una inductancia de magnetización L_m y una inductancia parásita L_s . El convertidor de circuito 1 también incluye un par de transistores de efecto de campo, 15 preferentemente un par de MOSFET Q_H , Q_L , aún más preferentemente un par de MOSFET con n canales.
- [0031]** El convertidor de circuito 1 incluye además un diodo D, un par de condensadores C_n y C_{led} y un primer terminal de salida OUT1, particularmente adecuado en uso para conectarse a una carga eléctrica, preferentemente una fuente de luz, aún más preferentemente una fuente de luz LED. 20
- [0032]** El primer polo del par de inductores acoplados 10 está conectado tanto al MOSFET Q_H , Q_L , el segundo polo del par de inductores acoplados 10 está conectado a la tierra de la fuente de tensión continua a través del condensador C_{ni} , es decir, el condensador de la salida descargada.
- 25 **[0033]** El condensador C_{led} , está conectado entre el tercer polo del par de inductores acoplados 10, es decir, la masa del secundario, y el cátodo del diodo D, que coincide con el primer terminal de salida OUT1. El diodo D, es decir, el diodo de salida, está conectado entre el primer terminal de salida OUT1 y el cuarto polo del par de inductores acoplados.
- 30 **[0034]** Durante el uso, cuando el terminal de entrada IN1 está conectado a la fuente de tensión continua V_{DCbus} , durante la etapa de encendido (T_{on}) solo se enciende el MOSFET Q_H para permitir la transferencia de energía desde la fuente de tensión continua V_{DCbus} hacia el condensador de la salida descargada C_n y la inductancia de magnetización L_m . Durante la etapa de apagado (T_{off}), el MOSFET Q_H se apaga y el MOSFET Q_L se enciende y envía el diodo D en 35 conducción en el primer terminal de salida OUT1, para permitir la transferencia de energía desde el condensador de la salida descargada C_n y desde la inductancia de magnetización L_m al condensador de salida C_{led} y la salida a través del transformador ideal T y la inductancia parásita L_s .
- [0035]** En una característica particularmente ventajosa de la presente invención, el circuito convertidor 1 incluye un sistema de control de corriente para poder llevar a cabo, durante el uso, tanto una conversión de energía como un 40 control de corriente de salida, pasando así de una tensión continua en la entrada, $V_{DCbus}(t)$, a una corriente continua controlada $I_{led}(t)$ en la salida.
- [0036]** En este sentido, el convertidor de circuito 1 de la presente invención comprende además un circuito de control integrado (20), conectado a ambos transistores de efecto de campo MOSFET, para controlar la corriente del 45 convertidor de circuito 1, preferentemente para el control histerético de la corriente del convertidor de circuito 1. Sin embargo, el circuito de control integrado 20 por sí solo no es suficiente para controlar la corriente continua $I_{led}(t)$ en la salida del convertidor de circuito 1.
- [0037]** Para comprender mejor la presente invención, se incluyen algunas de las consideraciones del solicitante 50 durante el transcurso de la experimentación prolongada. El valor promedio de la corriente $I_{Lm}(t)$ que fluye en la inductancia de magnetización L_m , en un caso en el que la relación de transformación del transformador ideal T es uno, es igual al valor promedio de la corriente de salida $I_{led}(t)$ que sale del primer terminal de salida OUT1.
- [0038]** Sin embargo, es necesario considerar la forma de onda triangular de la corriente $I_{Lm}(t)$ que fluye en la 55 inductancia de magnetización L_m . Esta corriente no se puede leer usando dispositivos de lectura de tipo conocido, como se mencionó, la inductancia de magnetización L_m no es un componente real, sino que forma parte del modelo del par de inductores acoplados y, por lo tanto, no es accesible. Con el fin de obtener un control de corriente, se ha considerado incluso llevar a cabo el control sobre el valor promedio de la corriente de salida $I_{led}(t)$ que puede leerse por medio de una resistencia de medición.
- 60 **[0039]** Por lo tanto, el sistema de control de corriente del circuito de conversión 1 de la presente invención comprende un bucle de control 100, preferentemente un bucle de control retroactivo, y una resistencia de medición R_s conectada a un segundo terminal de salida OUT2 del circuito de conversión 1.
- 65 **[0040]** Con referencia particular a la realización ilustrada en la figura 2, el bucle de control 100 comprende un

primer terminal de entrada V_{AC} conectado en el nodo común en común con los dos MOSFET Q_H y Q_L , y un segundo terminal de entrada V_{DC} conectado a la resistencia R_s . El bucle de control 100 comprende además un filtro de paso alto 22 conectado al primer terminal de entrada V_{AC} del bucle de control 100, un filtro de paso bajo (24) conectado al filtro de paso alto 22, un primer bloque de amplificación 26 con ganancia G_{AC} conectado al filtro de paso bajo 24 y un
5 nodo de suma 28 conectado al primer bloque de amplificación 26.

[0041] El bucle de control 100 comprende además un segundo bloque de amplificación 30 con ganancia G_{AC} conectado al segundo terminal de entrada V_{DC} del bucle de control 100, un optoaislador 32 conectado al segundo
10 bloque de amplificación 30, una etapa de desacoplamiento de señal 34 (circuito separador) conectada al optoaislador 32 y al nodo de suma 28.

[0042] Por último, el bucle de control 100 comprende un terminal de salida V_{FB} conectado al circuito de control
integrado 20.

15 **[0043]** Según la presente invención, para llevar a cabo una conversión de potencia que pasa de un valor de tensión continua, $V_{DCbus}(t)$, a un valor de corriente continua controlada $I_{led}(t)$ con el circuito descrito anteriormente, es necesario un procedimiento de reconstrucción indirecta de la forma de onda que se obtendría si fuera posible realizar la medición de la corriente $I_{Lm}(t)$ que fluye en la inductancia de magnetización L_m .

20 **[0044]** Con referencia a las figuras 4a a 4f, la corriente $I_{Lm}(t)$ puede descomponerse en dos componentes, un componente continuo y un componente de frecuencia. El componente continuo corresponde al valor promedio de la corriente I_{led} en salida desde el primer terminal de salida OUT1, mientras que el componente en frecuencia es una onda triangular que tiene un valor promedio nulo, y que durante la etapa de encendido (T_{on}) tiene una pendiente
25 positiva con un coeficiente de

$$\frac{V_{DCbus} - V_{led}}{L_m}$$

y durante la etapa de apagado (T_{off}) tiene una pendiente negativa con un coeficiente de

$$\frac{V_{led}}{L_m}$$

30 **[0045]** Por lo tanto, el procedimiento comprende etapas de:

- medir una tensión $V_{AC}(t)$ en el terminal V_{AC} conectado al nodo en común con los dos MOSFET Q_H y Q_L (forma de onda cuadrada),
- 35 - restar, de la medición de la tensión ($V_{AC}(t)$), el valor medio a través del filtro de paso alto (22) con una constante de tiempo mucho mayor (T_{HP}) que el período de conmutación ($T_{on} + T_{off}$),
- filtrar, a través del filtro de paso bajo (24), la forma de onda en la salida del filtro de paso alto (22) con una constante de tiempo mucho mayor (T_{HP}) que el período de conmutación ($T_{on} + T_{off}$), obteniendo una forma de onda triangular.
- amplificar, a través del primer bloque de amplificación 26 con una ganancia G_{AC} , la forma de onda en la salida del
40 filtro de paso bajo (24), y
- enviar, al nodo de suma 28, la forma de onda $V'_{AC}(t)$ en la salida desde el primer bloque de amplificación 26.

[0046] La forma de onda $V'_{AC}(t)$ tendrá una progresión triangular, exactamente igual que el componente de frecuencia de la corriente que fluye en la inductancia de magnetización L_m y las pendientes durante la etapa de
45 encendido y apagado serán, respectivamente, primero positivas y luego negativas con los siguientes coeficientes.

$$\left(\frac{V_{DCbus} - V_{led}}{\tau_{LP}} \right) \times G_{AC}$$

y

$$\left(\frac{V_{led}}{\tau_{LP}}\right) \times G_{AC}$$

[0047] Por lo tanto, el procedimiento comprende etapas de:

- medir una corriente de salida del circuito convertidor 1 midiendo la tensión $V_{DC}(t)$ en los cabezales de la resistencia de medición R_s ,
- amplificar y filtrar la medida de la tensión ($V_{DC}(t)$) a través del segundo bloque de amplificación 30 con una ganancia G_{DC} ,
- transmitir la forma de onda $V'_{DC}(t) = I_{LED} \times R_s \times G_{DC}$ en la salida desde el bloque de amplificación 30 al nodo de suma 28 a través del optoaislador 32.

10

[0048] Como en la salida del nodo de suma 28 mediante dimensionamiento predeterminado de los factores de multiplicación G_{DC} y G_{AC} , es posible obtener una forma de onda $V_{FB}(t) = V'_{AC}(t) + V'_{DC}(t)$ idéntica a la que se obtendría mediante medición directa de la corriente que fluye en la inductancia de magnetización L_m , es posible controlar el valor promedio de la magnitud de salida $I_{led}(t)$ del circuito convertidor 1 de la presente invención de una manera histerética mediante el uso del circuito de control integrado 20, y es posible usar la tensión $V_{FB}(t)$ como una magnitud de control siguiendo los procedimientos de control histerético de tipo conocido. En una realización de la presente invención, el procedimiento descrito anteriormente también puede comprender una etapa de desacoplamiento del resultado de la amplificación y el filtrado de la medición de tensión $V_{DC}(t)$ en la salida del optoaislador 32 a través de la etapa de desacoplamiento de señal del 34 antes de enviarlo al nodo de suma 28.

20

[0049] En un aspecto adicional de la presente invención, el circuito convertidor de conmutación se puede usar en un modo de conducción continua (CCM). Con esta solución los valores RMS de la corriente pueden reducirse considerablemente, mejorando así los parámetros de interferencia electromagnética ("EMI").

[0050] Tal como se indica en el preámbulo de la presente descripción, el circuito convertidor 1 de la presente invención es particularmente adecuado para ser usado como una segunda etapa de conversión de energía, o etapa de salida, de una fuente de alimentación para fuentes de luz LED. Con referencia particular a la figura 3, una fuente de alimentación 40 para fuentes de luz LED comprende una primera etapa de filtro EMI 50, una segunda etapa de reposición en fase activa 60 y un convertidor de circuito 1 según la presente invención. La fuente de alimentación 40 está conectada a una fuente de luz LED 70.

30

[0051] En mayor detalle, la etapa de filtro EMI 50 es un filtro pasivo que permite que los dispositivos electrónicos respondan a las reglas de compatibilidad electromagnética, e incluye un filtro π compuesto por una bobina de bloqueo L_{choke} de modo común y un par de condensadores C_x en clase X.

35

[0052] La etapa de reposición en fase activa 60 realiza la conversión de potencia del modo sinusoidal (AC) al modo continuo (DC), manteniendo los factores de potencia (PF) y la distorsión armónica total (THD) cerca de los valores ideales. Generalmente se trata de un convertidor elevador (BOOST) capaz de producir una salida continua de tensión controlada a aproximadamente 400 voltios. La etapa de reposición en fase activa 60 incluye un puente completo de diodos 62 para la rectificación de la tensión de red (PNT), un primer condensador C_{boost} para el filtrado de los componentes de alta frecuencia generados durante la conversión, un MOSFET Q_{boost} que, controlado por un circuito integrado IC_{boost} , permite la acumulación de energía en un inductor L_{boost} durante la fase de encendido ($T_{onboost}$), es decir, con el MOSFET Q_{boost} cerrado.

40

[0053] Durante la etapa off (Toffboost), es decir, con el MOSFET Q_{boost} abierto, la energía se transfiere a un segundo condensador $C_{ELboost}$ y a la salida a través de un diodo D_{boost} . Cabe destacar que el circuito integrado IC_{boost} es capaz de controlar esta transferencia de energía para que pase del modo sinusoidal al modo continuo mientras mantiene el cambio de fase entre la corriente absorbida de la red y la tensión de la red.

45

[0054] La fuente de luz LED 70, que constituye la carga eléctrica de la fuente de alimentación 40, comprende uno o más LED 72 y requiere una corriente continua de baja ondulación.

50

[0055] En un aspecto adicional de la presente invención, el valor de la magnitud controlada en la salida, es decir, la corriente, se puede cambiar actuando en la relación de tiempos de conmutación

55

$$\left(\frac{T_{on}}{T_{on}+T_{off}}\right)$$

Con esta solución es posible mejorar considerablemente la dinámica de tensión en la salida.

- [0056]** Aunque la invención se ha desarrollado con especial atención, aunque no de forma limitante, a un circuito convertidor de conmutación, es decir, un convertidor de conmutación, particularmente adecuado para su uso como una segunda etapa de conversión de energía, o etapa de salida, de un transformador para fuentes de luz LED, un experto en la materia del sector podría usar fácilmente el circuito convertidor 1 de la presente invención en diferentes dispositivos electrónicos, tales como en fuentes de alimentación para diferentes cargas eléctricas, por ejemplo, para aparatos eléctricos y/o electrónicos diferentes de una fuente de luz y/o una fuente de luz LED.
- 5
- 10 **[0057]** Todos los detalles pueden ser sustituidos por otros elementos técnicamente equivalentes. Del mismo modo, los materiales utilizados, así como las formas y dimensiones de los mismos, pueden ser cualesquiera según las necesidades, sin por ello renunciar al alcance de protección de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito convertidor de conmutación (1) para accionar un LED (72), que comprende:
- 5 - al menos un terminal de entrada (IN_1) que se conectará a una fuente de tensión continua (V_{DCbus}),
 - un par de terminales de salida (OUT_1 , OUT_2),
 - un par de transistores de efecto de campo (Q_H , Q_L) conectados en serie entre el terminal de entrada (IN_1) y un terminal de referencia compuesto por el circuito convertidor de conmutación,
 - un par de inductores acoplados (10), que comprenden un transformador ideal (T), una inductancia de magnetización (L_m) y una inductancia parásita (L_s), que tienen un primer polo conectado a un nodo común de los transistores de efecto de campo (Q_H , Q_L), un segundo polo conectado al terminal de referencia a través de un condensador (C_n), un tercer polo conectado al segundo terminal de salida (OUT_2) y un cuarto polo conectado al primer terminal de salida (OUT_1) a través de un diodo (D),
 10 - un circuito de control integrado (20) conectado a los transistores de efecto de campo (Q_H , Q_L) configurado para controlar una corriente de salida (I_{LED}) del circuito convertidor (1),
 15 - un bucle de control (100), y
 - una resistencia de medición (R_s) conectada entre el segundo terminal de salida (OUT_2) y el tercer polo del par de inductores acoplados (10),
- 20 **caracterizado porque** el bucle de control (100) comprende un primer terminal de entrada (V_{AC}) conectado a dicho nodo común dispuesto para medir una primera tensión ($V_{AC}(t)$), un segundo terminal de entrada (V_{DC}) conectado a la resistencia de medición (R_s) dispuesto para medir una segunda tensión ($V_{DC}(t)$), y un terminal de salida (V_{FB}) conectado al circuito de control integrado (20) dispuesto para proporcionar una tercera tensión ($V_{FB}(t)$) al mismo, comprendiendo el bucle de control (100) además:
- 25 - una primera rama de bucle de control (22,24,26) conectada al primer terminal de entrada (V_{AC}) y configurada para proporcionar una primera forma de onda ($V'_{AC}(t)$) que tiene una progresión triangular correspondiente al componente de frecuencia de una corriente que fluye en la inductancia de magnetización (L_m) de un modelo del par de inductores acoplados (10), en función de la primera tensión ($V_{AC}(t)$);
 30 - una segunda rama de bucle de control (30,32,34) conectada al segundo terminal de entrada (V_{DC}) y configurada para proporcionar una segunda forma de onda ($V'_{DC}(t)$) proporcional a un componente de corriente continua, DC, de la corriente que fluye en la inductancia de magnetización (L_m) de un modelo del par de inductores acoplados (10) en función de la segunda tensión ($V_{DC}(t)$), y
 35 - un nodo de suma (28) conectado a la primera rama de bucle de control (22,24,26), a la segunda rama de bucle de control (30,32,34) y al terminal de salida (V_{FB}), estando el nodo de suma (28) configurado para combinar la primera forma de onda ($V'_{AC}(t)$) con la segunda forma de onda ($V'_{DC}(t)$) para proporcionar la tercera tensión ($V_{FB}(t)$), y
- donde el circuito de control integrado (20) está dispuesto para implementar un control de corriente histerético del valor promedio de la corriente de salida (I_{LED}) usando la tercera tensión ($V_{FB}(t)$) como una magnitud de control.
- 40
2. El circuito de la reivindicación 1, **caracterizado porque** los transistores de efecto de campo son MOSFET.
- 45 3. El circuito de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la primera rama de bucle de control (22,24,26) del bucle de control (100) comprende:
- un filtro de paso alto (22) conectado al primer terminal de entrada (V_{AC}), - un filtro de paso bajo (24) conectado al filtro de paso alto (22),
 50 - un primer bloque de amplificación (26) conectado al filtro de paso bajo (24).
4. El circuito de la reivindicación 3, **caracterizado porque** la segunda rama de bucle de control (30,32,34) del bucle de control (100) comprende, además:
- 55 - un segundo bloque de amplificación (30) conectado al segundo terminal de entrada (V_{DC}),
 - un optoaislador (32) conectado al segundo bloque de amplificación (30) y al nodo de suma (28).
5. El circuito de la reivindicación 4, **caracterizado porque** comprende una etapa de desacoplamiento de señal (34) conectada entre el optoaislador (32) y el nodo de suma (28).
- 60 6. Una fuente de alimentación de fuente de luz LED que comprende un circuito convertidor de conmutación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 5.
7. Procedimiento para controlar un circuito convertidor de conmutación (1) para accionar un LED (72) que
 65 comprende las características de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, comprendiendo el procedimiento:

- medir una primera tensión ($V_{AC}(t)$) en el nodo común de los transistores de efecto de campo;
 - proporcionar una primera forma de onda ($V'_{AC}(t)$) que tiene una progresión triangular correspondiente al componente de frecuencia de una corriente que fluye en la inductancia de magnetización (L_m) de un modelo del par de inductores acoplados (10), en función de la medición de la primera tensión ($V_{AC}(t)$);
 - 5 - medir una segunda tensión ($V_{DC}(t)$) en los terminales de salida;
 - proporcionar una segunda forma de onda ($V'_{DC}(t)$) proporcional a un componente de corriente continua, DC, de la corriente que fluye en la inductancia de magnetización (L_m) de un modelo del par de inductores acoplados (10) en función de la medición de la segunda tensión ($V_{DC}(t)$);
 - 10 - combinar la primera forma de onda ($V'_{AC}(t)$) con la segunda forma de onda ($V'_{DC}(t)$) para proporcionar una tercera tensión ($V_{FB}(t)$), y
 - activar alternativamente cada transistor de efecto de campo del par de transistores de efecto de campo en función de la tercera tensión con el fin de controlar de una manera histerética el valor promedio de la corriente de salida.
- 15 8. El procedimiento de la reivindicación 7 implementado por el circuito de la reivindicación 5, donde proporcionar una primera forma de onda ($V'_{AC}(t)$) comprende:
- restar, de la primera tensión ($V_{AC}(t)$), el valor medio de la misma,
 - filtrar en paso bajo de la forma de onda en la salida del filtro de paso alto (22) con una constante de tiempo mucho mayor (τ_{HP}) que el período de conmutación ($T_{on} + T_{off}$), y
 - 20 - amplificar la forma de onda en la salida del filtro de paso bajo (24).
9. El procedimiento de la reivindicación 8, **caracterizado porque** proporcionar una segunda forma de onda ($V'_{DC}(t)$) comprende:
- 25 - amplificar la segunda tensión ($V_{DC}(t)$) y
- filtrar la segunda tensión amplificada ($V_{DC}(t)$).

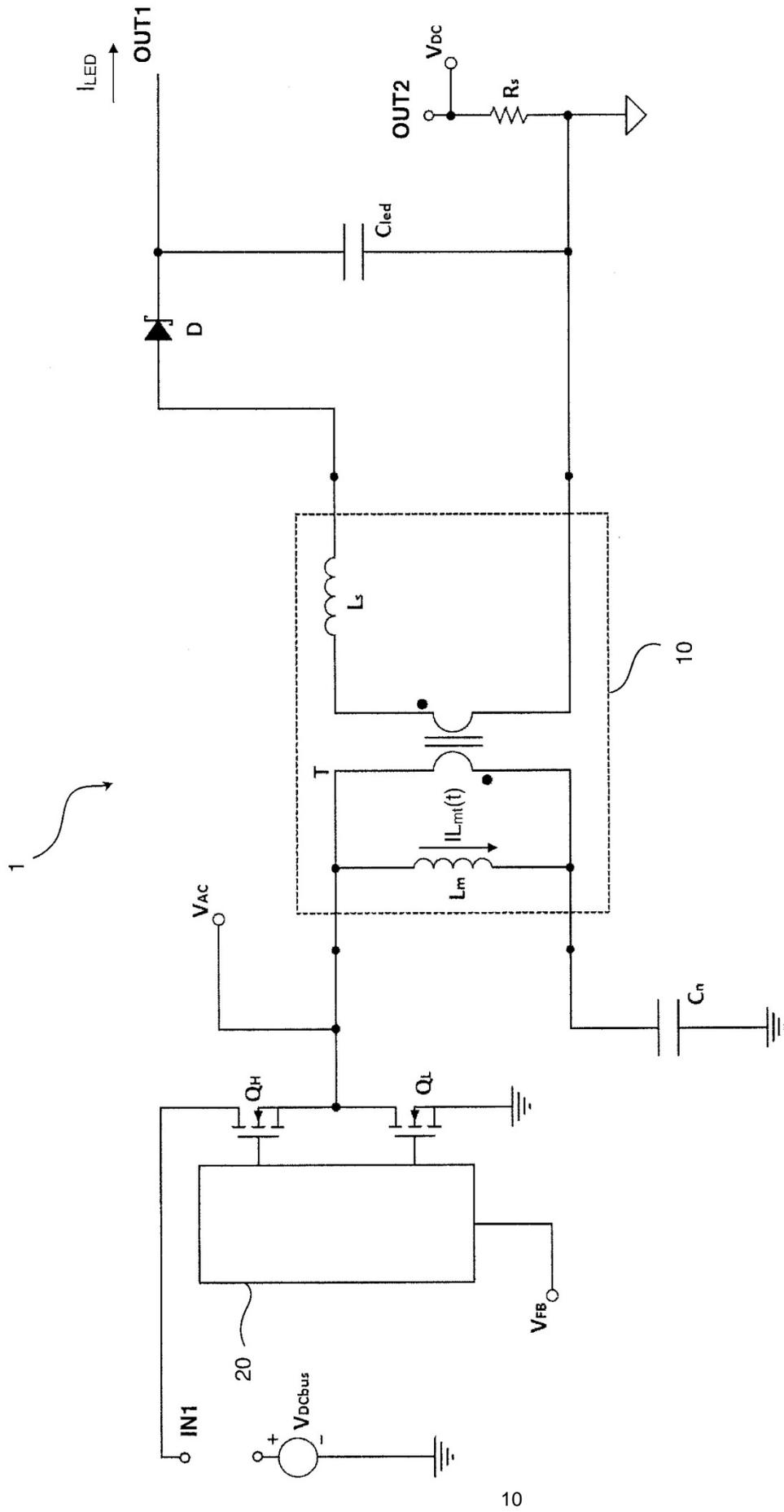


FIG. 1

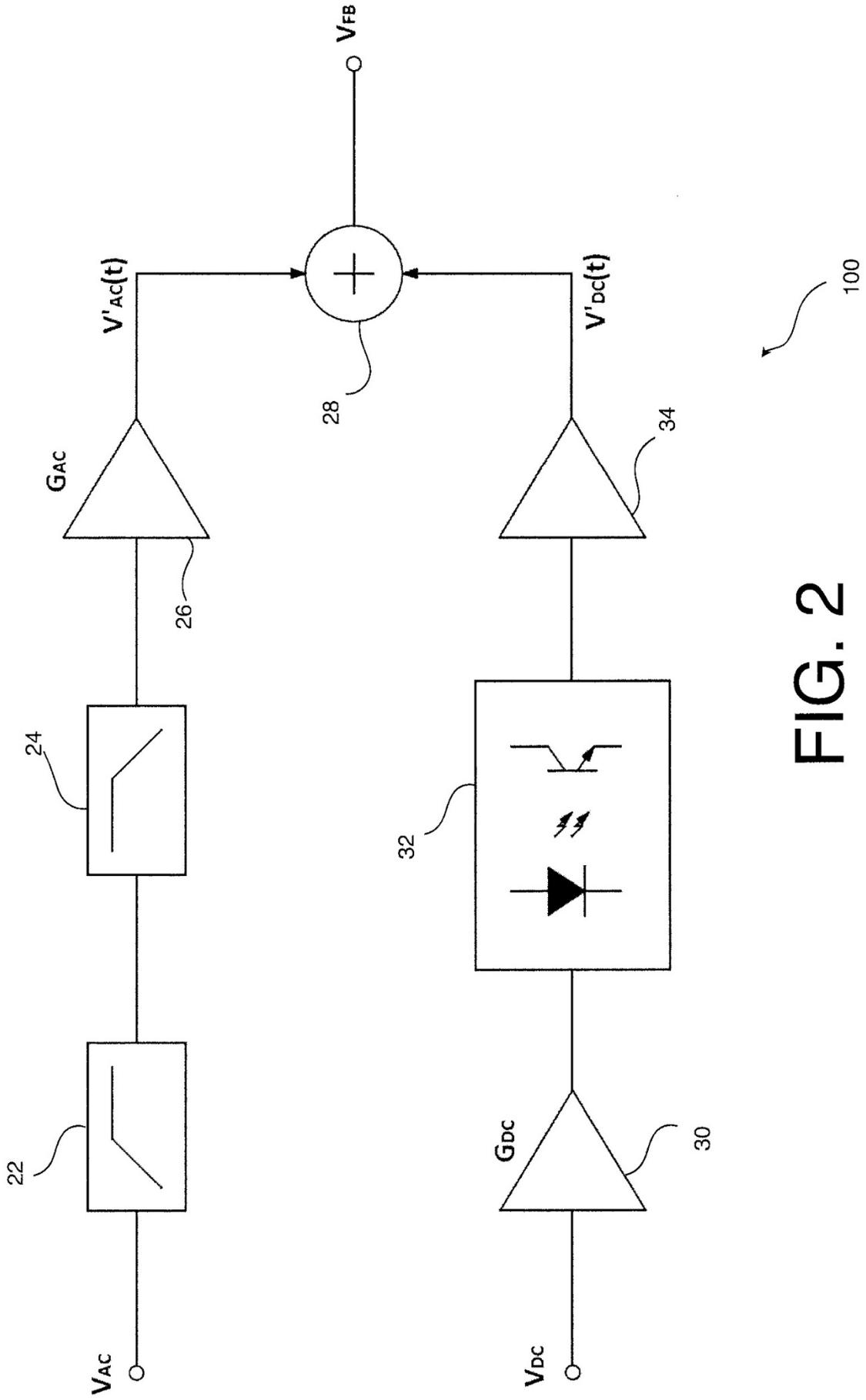


FIG. 2

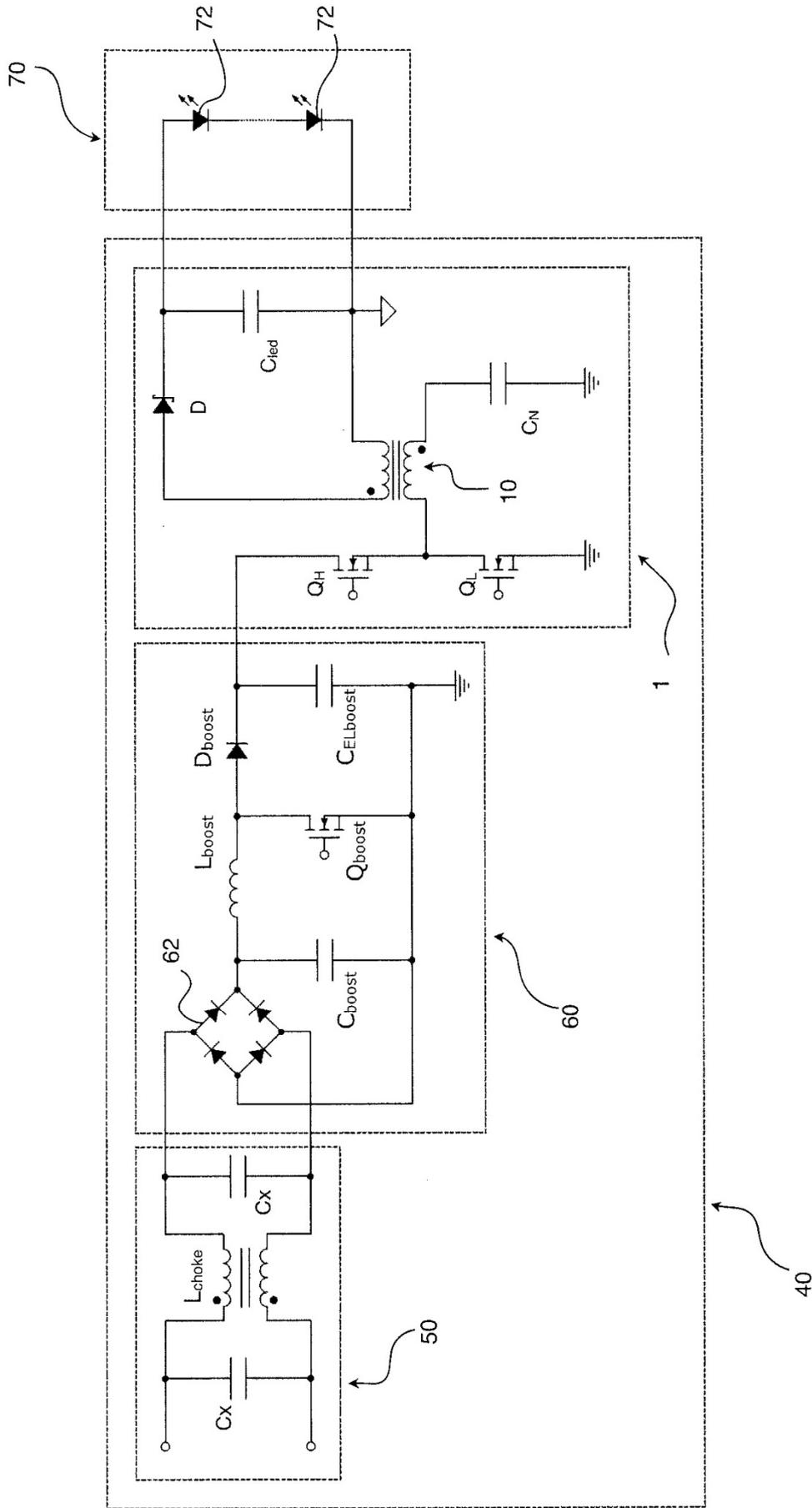


FIG. 3



FIG. 4a

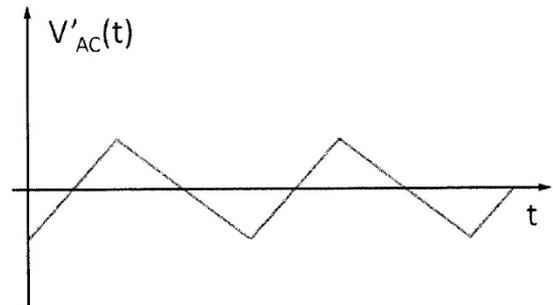


FIG. 4b

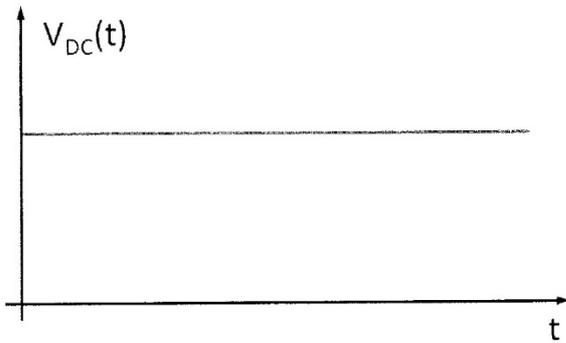


FIG. 4c

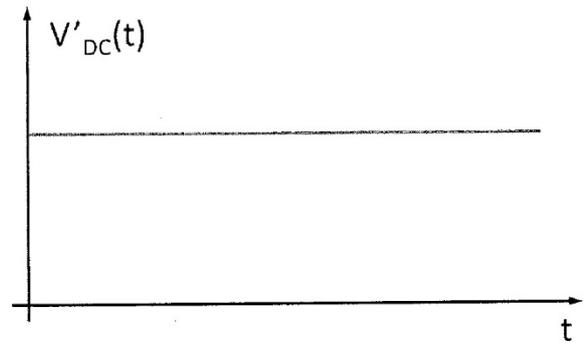


FIG. 4d

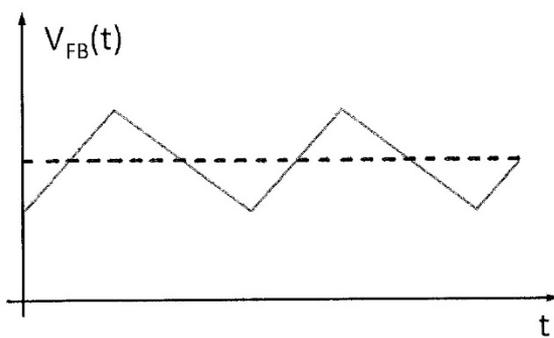


FIG. 4e

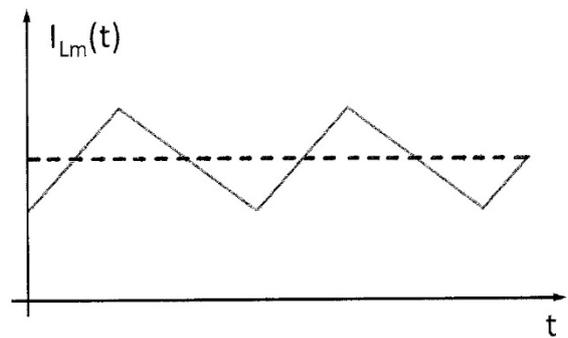


FIG. 4f