(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 811 073**

(51) Int. CI.:

H02J 7/35 (2006.01)
H02M 1/32 (2007.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2018 E 18207639 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3493357**

(54) Título: **Circuito de recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico**

(30) Prioridad:

01.12.2017 FR 1761509

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2021

(73) Titular/es:

COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25 rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR

(72) Inventor/es:

VERVAART, MARK

(74) Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

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 recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico

Campo

La presente solicitud se refiere a un circuito de recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico. Tiene como propósito, más particularmente, un circuito de recarga protegido contra una desconexión intempestiva de la batería.

Exposición de la técnica anterior

Existen unas numerosas aplicaciones, por ejemplo, unos sistemas de iluminación autónomos, en las que una batería eléctrica recargable se carga por medio de un módulo fotovoltaico.

De forma clásica, como se divulga en el documento de los Estados Unidos US2013/257409 A1, un circuito de recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico comprende:

- un convertidor de conmutación continua-continua que tiene unos terminales de entrada unidos a los terminales del módulo fotovoltaico y unos terminales de salida unidos a los terminales de la batería; y
- un circuito de control adaptado para controlar el convertidor de conmutación para transferir energía eléctrica de sus terminales de entrada hacia sus terminales de salida, es decir, del módulo fotovoltaico hacia la batería, con el fin de recargar la batería.

Generalmente, el circuito de control está unido a los terminales de la batería para su alimentación.

Un problema que se plantea es que cuando la batería está desconectada de forma intempestiva, es decir, mientras que el módulo fotovoltaico todavía está conectado a la entrada del circuito de recarga y el circuito de control está activo, es decir, que manda el convertidor de conmutación para transferir energía eléctrica de sus terminales de entrada hacia sus terminales de salida, existe un riesgo elevado de destrucción del circuito de recarga y, en particular, del circuito de control del convertidor de conmutación.

Para limitar este riesgo, los fabricantes de circuitos de recarga de este tipo recomiendan no desconectar nunca la batería eléctrica del circuito de recarga sin haber desconectado previamente el módulo fotovoltaico.

Sin embargo, siempre sigue existiendo un riesgo de que el usuario no siga esta recomendación.

Por lo tanto, sería deseable poder disponer de un circuito de recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico, estando este circuito protegido de forma intrínseca contra una desconexión intempestiva de la batería.

Resumen

De este modo, un modo de realización prevé un circuito de recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico, que comprende: unos primer y segundo terminales de entrada destinados a estar unidos respectivamente a unos primer y segundo terminales del módulo fotovoltaico; unos primer y segundo terminales de salida destinados a estar unidos respectivamente a unos primer y segundo terminales de la batería; un convertidor de conmutación que comprende unos primer y segundo terminales de entrada unidos respectivamente a los primer y segundo terminales de entrada del circuito de carga y unos primer y segundo terminales de salida unidos respectivamente a los primer y segundo terminales de salida del circuito de recarga; un circuito de control del convertidor de conmutación, que comprende unos primer y segundo terminales de alimentación unidos respectivamente a los primer y segundo terminales de salida del circuito de recarga; un interruptor de protección que une el primer terminal de salida del convertidor de conmutación al primer terminal de salida del circuito de recarga; y un circuito de detección de sobretensión configurado para, cuando la tensión entre los primer y segundo terminales de salida del circuito de recarga rebasa un umbral, controlar la apertura del interruptor de protección y la parada del convertidor de conmutación durante un período de inhibición predeterminado.

Según un modo de realización, el circuito de detección de sobretensión está configurado, además, para, al final del período de inhibición, controlar el cierre del interruptor de protección y el reinicio del convertidor de conmutación.

Según un modo de realización, el circuito de control está configurado para controlar el convertidor de conmutación en función de la tensión y/o de la corriente de salida del módulo fotovoltaico, medidas sobre los primer y/o segundo terminales de entrada del circuito de recarga.

Según un modo de realización, el circuito de control está configurado para adaptar automáticamente el mando del convertidor de conmutación para maximizar la potencia de salida del módulo fotovoltaico.

Según un modo de realización, el circuito de detección de sobretensión comprende un comparador cuya salida está unida a un nodo de recarga de un circuito de temporización por mediación de un diodo.

Según un modo de realización, el circuito de temporización comprende un primer condensador y una primera resistencia unidos en paralelo entre el nodo de recarga del circuito de temporización y el segundo terminal de salida del circuito de recarga.

Según un modo de realización, el circuito de detección de sobretensión comprende un diodo Zener unido en serie con una segunda resistencia entre los primer y segundo terminales de salida del circuito de recarga, teniendo el comparador un terminal de entrada positivo unido al punto medio entre el diodo Zener y la segunda resistencia y un terminal de entrada negativo unido a un nodo de aplicación de una tensión de referencia.

Según un modo de realización, el circuito de detección de sobretensión comprende, además, un puente divisor de tensión resistivo que comprende una tercera resistencia en serie con una cuarta resistencia entre los primer y segundo terminales de salida del circuito de recarga, estando el nodo de aplicación de la tensión de referencia unido al punto medio entre las tercera y cuarta resistencias.

Según un modo de realización, el nodo de recarga del circuito de temporización está unido a un terminal de mando del interruptor de protección y a un terminal de mando del circuito de control del convertidor de conmutación.

Otro modo de realización prevé un sistema que comprende un módulo fotovoltaico, una batería eléctrica y el circuito de recarga mencionado más arriba, en el que los primer y segundo terminales de entrada del circuito de recarga están unidos respectivamente a unos primer y segundo terminales del módulo fotovoltaico y en el que los primer y segundo terminales de salida del circuito de recarga están unidos respectivamente a unos primer y segundo terminales de la batería.

Breve descripción de los dibujos

Estas características y ventajas, así como otras, se expondrán en detalle en la descripción siguiente de modos de realización particulares hecha a título no limitativo en relación con las figuras adjuntas de entre las que:

la figura 1 es un esquema eléctrico simplificado que ilustra, en forma de bloques, un ejemplo de un sistema de recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico;
la figura 2 es un esquema eléctrico que ilustra más en detalle un ejemplo de realización de un convertidor de conmutación del sistema de la figura 1;
la figura 3 es un esquema eléctrico simplificado que ilustra, en forma de bloques, un ejemplo de un modo de realización de un sistema de recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico; y
la figura 4 es un esquema eléctrico que ilustra más en detalle un ejemplo de realización de una parte del sistema de la figura 3.

Descripción detallada

Unos mismos elementos se han designado por unas mismas referencias en las diferentes figuras. Por razones de claridad, solo se han representado y se detallan los elementos útiles para la comprensión de los modos de realización descritos. En particular, no se han detallado las diversas utilizaciones que se pueden hacer de los circuitos de recarga descritos, siendo los modos de realización descritos compatibles con las aplicaciones habituales de un circuito de recarga de una batería eléctrica por medio de un módulo fotovoltaico. Por otro lado, en los ejemplos de circuitos de recarga descritos, no se ha detallado la realización del circuito de control del convertidor de conmutación, estando la realización de este circuito al alcance del experto en la materia a partir de las indicaciones funcionales de la presente descripción. El circuito de control podrá, por ejemplo, realizarse en electrónica analógica y/o en electrónica digital, por ejemplo, por medio de un microcontrolador. En la presente descripción, se utilizará el término "conectado" para designar una unión eléctrica directa, sin componente electrónico intermedio, por ejemplo, por medio de una pista conductora y el término "acoplado" o el término "unido", para designar ya sea una unión eléctrica directa (que significa, entonces, "conectado"), ya sea una unión mediante uno o varios componentes intermedios (resistencia, condensador, inductancia, etc.). Salvo precisión contraria, las expresiones "aproximadamente", "sustancialmente" y "del orden de" significan con un 10 % de aproximación, preferentemente con un 5 % de aproximación.

La figura 1 es un esquema eléctrico simplificado que ilustra, en forma de bloques, un ejemplo de un sistema de recarga de una batería eléctrica 101 (BAT) por medio de un módulo fotovoltaico 103 (MFV).

La batería 101 comprende una o varias células elementales de almacenamiento de energía eléctrica recargables (no detalladas) unidas en serie y/o en paralelo entre un terminal positivo B+ y un terminal negativo B- de la batería.

El módulo fotovoltaico 103 comprende una o varias células fotovoltaicas elementales (no detalladas) unidas en serie y/o en paralelo entre un terminal positivo M+ y un terminal negativo M- del módulo.

El sistema de la figura 1 comprende un circuito de recarga 105 que comprende unos terminales de entrada I+ e I- unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales de salida M+ y M- del módulo 103 y unos terminales de salida O+ y O- unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales B+ y B- de la batería.

El circuito de recarga 105 comprende un convertidor de conmutación continua-continua 107 (CC/CC) que comprende unos terminales de entrada ci+ y ci- unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales de entrada I+ e I- del circuito de recarga 105 y unos terminales de salida co+ y co- unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales de salida O+ y O- del circuito de recarga 105. El convertidor de conmutación 107 comprende uno o varios interruptores de conmutación (no detallados en la figura 1) controlables para transferir energía eléctrica de sus terminales de entrada ci+ y ci- hacia los terminales de salida co+ y co- del convertidor.

El circuito de recarga 105 comprende, además, un circuito de control 109 (CTRL) adaptado para controlar el o los interruptores de conmutación del convertidor 107 para controlar la transferencia de energía eléctrica entre los terminales de entrada ci+ y ci- y los terminales de salida co+ y co- del convertidor. El circuito de control 109 comprende, en particular, uno o varios terminales de mando MAND unidos a las puertas respectivas del o de los interruptores de conmutación del convertidor 107.

En funcionamiento, el circuito de control 109 extrae su alimentación eléctrica de la batería 101. Para esto, el circuito 109 comprende unos terminales de alimentación s+ y s- unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales de salida O+ y O- del circuito de recarga 105.

En el ejemplo de la figura 1, el circuito de control 109 está adaptado para controlar el convertidor 107 en función de la tensión y/o de la corriente de salida del módulo fotovoltaico 103. Para esto, el circuito de control 109 comprende unos terminales de medición m+ y m- unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales de entrada I+ e I- del circuito de recarga. A título de ejemplo, el circuito 109 está adaptado para buscar automáticamente el punto de potencia máximo del módulo fotovoltaico 103, que depende, en concreto, del nivel de irradiación del módulo. Para esto, el circuito 109 adapta automáticamente la frecuencia y/o la relación cíclica de conmutación de los interruptores de conmutación del convertidor 107 en función de mediciones de tensión y/o de corriente realizadas mediante sus terminales m+ y m-, para colocar el módulo fotovoltaico de forma permanente lo más cerca posible de su punto de potencia máximo, es decir, para maximizar la potencia de salida (esto es, el producto de la corriente de salida por la tensión de salida) del módulo fotovoltaico.

En régimen establecido, el módulo fotovoltaico 103 proporciona, entre sus terminales M+ y M-, una corriente continua I_M bajo una tensión continua V_M y la batería 101 recibe, entre sus terminales B+ y B-, una corriente continua I_B bajo una tensión continua V_B. La conversión continua-continua de la tensión V_M en la tensión V_B y de la corriente I_M en la corriente I_B está asegurada por el convertidor de conmutación 107.

La figura 2 retoma los elementos de la figura 1 e ilustra más en detalle un ejemplo de realización del convertidor de conmutación 107 del circuito de recarga 105.

En este ejemplo, el convertidor 107 es un elevador de tensión. Comprende una inductancia L1 que tiene un primer extremo unido, por ejemplo, conectado, al nodo de entrada ci+ del convertidor y un segundo extremo unido, por ejemplo, conectado, a un nodo intermedio n1 del convertidor. El convertidor comprende, además, un interruptor de conmutación K1, por ejemplo, un transistor MOS de canal N, que tiene un primer nodo de conducción unido, por ejemplo, conectado, al nodo n1 y un segundo nodo de conducción unido, por ejemplo, conectado, al nodo de entrada ci- del convertidor. El terminal de salida de mando MAND del circuito de control 109 está unido, por ejemplo, conectado, a un terminal de mando del interruptor K1. En este ejemplo, los nodos de entrada ci- y de salida co- del convertidor están conectados. El convertidor 107 comprende, además, un diodo D1 cuyo ánodo está unido, por ejemplo, conectado, al nodo n1 y cuyo cátodo está unido, por ejemplo, conectado, al nodo de salida co+ del convertidor. El convertidor 107 de la figura 2 comprende, por lo demás, un condensador de entrada C1 cuyos electrodos están unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales de entrada ci+ y ci- del convertidor y un condensador de salida C2 cuyos electrodos están unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales de salida co+ y co- del convertidor.

En funcionamiento, el circuito de control 109 regula la frecuencia y/o la relación cíclica de conmutación del interruptor K1 para controlar la transferencia de energía eléctrica entre el módulo fotovoltaico 103 y la batería 101.

Más generalmente, el circuito de recarga de la figura 1 es compatible con todas o la mayor parte de las arquitecturas conocidas de convertidores de conmutación continua-continua. A título de ejemplo, el convertidor de conmutación 107 puede ser un reductor de tensión, que comprende, por ejemplo, los mismos elementos que en el ejemplo de la figura 2, pero en el que el interruptor K1 y la inductancia L1 están unidos en serie entre los terminales ci+ y co+ del convertidor y en el que el diodo D1 está unido, por su ánodo, a los terminales ci- y co- del convertidor y, por su cátodo, al punto medio entre el interruptor K1 y la inductancia L1.

Un problema que se plantea en un sistema del tipo descrito en relación con las figuras 1 y 2, es que, debido a la presencia de diversos elementos capacitivos en el circuito de recarga 105 (y, en concreto, del condensador de salida

C2 en el ejemplo de la figura 2), la parada del funcionamiento del circuito de control 109 no es instantánea en caso de desconexión de la batería 101. Dicho de otra manera, cuando la batería 101 está desconectada del circuito de recarga 105, el circuito de control 109 continúa mandando la conmutación del o de los interruptores de conmutación del convertidor 107 durante un período de relajación correspondiente al tiempo de descarga de la capacidad parásita vista entre los terminales de alimentación s+ y s- del circuito 109. A título de ejemplo, la duración de este período de relajación puede ser de varios milisegundos a varios cientos de milisegundos, durante los que el circuito de control 109 continúa mandando el convertidor de conmutación 107 para transferir energía eléctrica de sus terminales de entrada ci+ y ci- hacia sus terminales de salida co+ y co-. Si el módulo fotovoltaico 103 se ha desconectado de manera previa del circuito de recarga, la capacidad parásita de salida del circuito de recarga se descarga hasta provocar la parada del funcionamiento del circuito de control 109 y, por lo tanto, del convertidor de conmutación 107, cuando el circuito 109 ya no está alimentado. Si, en cambio, el módulo fotovoltaico 103 no se ha desconectado, energía eléctrica producida por el módulo 103 continúa siendo transferida hacia la salida del convertidor de conmutación 107 durante el período de relajación. De ello resulta que la capacidad parásita de salida del circuito de recarga no se descarga. Por el hecho de la ausencia de la batería 101 para absorber la corriente de salida I_B del convertidor 107, la tensión de salida del circuito de recarga aumenta, entonces, muy rápidamente, hasta la destrucción del circuito de control 109 y/o del convertidor de conmutación 107.

La figura 3 es un esquema eléctrico simplificado que ilustra, en forma de bloques, un ejemplo de un modo de realización de un sistema de recarga de una batería eléctrica 101, por ejemplo, idéntico o similar a la batería 101 de las figuras 1 y 2, por medio de un módulo fotovoltaico 103, por ejemplo, idéntico o similar al módulo 103 de las figuras 1 y 2.

El sistema de la figura 3 comprende un circuito de recarga 205. El circuito de recarga 205 comprende los mismos elementos que el circuito de recarga 105 de la figura 1, dispuestos sustancialmente de la misma manera.

El circuito de recarga 205 de la figura 3 comprende, por lo demás, un interruptor K2 que tiene un primer nodo de conducción unido, por ejemplo, conectado, al nodo de salida co+ del convertidor de conmutación 107 y un segundo nodo de conducción unido, por ejemplo, conectado, al nodo de salida O+ del circuito de recarga 205. Dicho de otra manera, en el ejemplo de la figura 3, el terminal de alimentación s+ del circuito de control 109 está separado del terminal de salida co+ del convertidor de conmutación 107 por el interruptor K2.

El circuito de recarga 205 de la figura 3 comprende, además, un circuito de detección de sobretensión 207 conectado a los nodos O- y O+ de salida del circuito de recarga. El circuito 207 está adaptado para detectar un rebasamiento de un umbral predefinido V_{TH} por la tensión V_B entre los terminales O- y O+ del circuito de recarga y, cuando un rebasamiento del umbral V_{TH} se detecta, para controlar la apertura del interruptor K2 y la parada del convertidor de conmutación durante un período de inhibición T_{inh} predeterminado. El umbral V_{TH} se elige superior a la tensión nominal máxima $VBAT_{MÁX}$ de la batería 101, por ejemplo, comprendido entre 1,01 y 1,2 veces la tensión $VBAT_{MÁX}$.

En el ejemplo representado, el circuito de detección 207 comprende un primer terminal de salida s1 unido, por ejemplo, conectado, a un terminal de mando del interruptor K2 y un segundo terminal de salida s2 unido, por ejemplo, conectado, a un terminal de entrada e1 del circuito de control 109. Cuando la tensión V_B entre los terminales de salida O+ y O- del circuito de recarga rebasa el umbral V_{TH}, el circuito 207 aplica, durante un período T_{inh} continuo que se inicia a contar de la detección de la sobretensión, sobre su terminal s1, una señal de mando de apertura del interruptor K2 y, sobre su terminal s2, una señal de mando de desactivación del convertidor de conmutación. De este modo, durante el período T_{inh}, el interruptor K2 está mantenido abierto, que aísla el terminal de salida co+ del convertidor 107 del terminal de salida O+ del circuito de recarga y se interrumpe la conmutación del o de los interruptores de conmutación del convertidor 107, que detiene la transferencia de energía eléctrica de los terminales de entrada ci+ y ci- hacia los terminales de salida co+ y co- del convertidor.

El periodo de inhibición T_{inh} se elige superior al período de relajación correspondiente al tiempo de descarga de la capacidad parásita entre los terminales de alimentación s+ y s- del circuito 109. A título de ejemplo, el período T_{inh} está comprendido entre 10 y 1.000 milisegundos, por ejemplo, entre 100 y 500 milisegundos, por ejemplo, del orden de 300 milisegundos.

Si la sobretensión detectada por el circuito 207 resulta de una desconexión intempestiva de la batería 101, sin desconexión previa del módulo fotovoltaico 103, la previsión del período de inhibición T_{inh} deja a las capacidades parásitas de salida del circuito de recarga 205 el tiempo para descargarse. Al final del período de inhibición T_{inh}, el circuito 207 proporciona, sobre su terminal s1, una señal de mando de cierre del interruptor K2 y, sobre su terminal s2, una señal de mando de reactivación del convertidor de conmutación. No obstante, no estando ya la batería 101 presente y estando las capacidades parásitas de salida del circuito 205 descargadas, el circuito de control 109 del convertidor de conmutación ya no está alimentado (tensión V_B sustancialmente nula). De este modo, el funcionamiento del convertidor de conmutación permanece interrumpido hasta que la batería 101 se vuelva a conectar eventualmente.

Si la sobretensión detectada por el circuito 207 resulta de otra causa, tal como, por ejemplo, un impacto de rayo sobre el módulo fotovoltaico, el funcionamiento del circuito de recarga se retoma normalmente al final del período de inhibición T_{inh}, siempre que la tensión V_B entre los terminales O+ y O- del circuito de recarga haya descendido bajo el umbral V_{TH} al final del período T_{inh}.

De este modo, el circuito de recarga 205 de la figura 3 está protegido de forma intrínseca contra una desconexión eventual de la batería y su funcionamiento no se interrumpirá de manera duradera en caso de sobretensión relacionada con una causa que no sea una desconexión de la batería.

La figura 4 es un esquema eléctrico más detallado que ilustra un ejemplo de realización del circuito de detección de sobretensión 207 y del interruptor K2 del circuito de recarga 205 de la figura 3.

En este ejemplo, el interruptor K2 es un transistor MOS de canal N cuya puerta está conectada al nodo de salida s1 del circuito 207 y cuyos nodos de conducción (fuente y drenaje) están conectados respectivamente al terminal de salida co+ del convertidor 107 y al terminal de salida O+ del circuito de recarga 205.

El circuito 207 comprende un diodo Zener Z1 unido en serie con una resistencia R1 entre los terminales de salida O+ y O- del circuito de recarga 205. Más particularmente, en este ejemplo, el diodo Zener Z1 tiene su cátodo unido, por ejemplo, conectado al nodo O+ y su ánodo unido, por ejemplo, conectado, a un nodo intermedio n2 del circuito 207 y la resistencia R1 tiene un primer extremo unido, por ejemplo, conectado al nodo n2 y un segundo extremo unido, por ejemplo, conectado, al terminal O-.

El circuito 207 comprende, por lo demás, un comparador de tensión 401 cuyo un terminal de entrada positivo (+) está unido al nodo n2 y cuyo un terminal de entrada negativo (-) está unido a un nodo n3 de aplicación de un potencial de referencia. Los terminales de alimentación del comparador 401 están unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales de salida O+ y O- del circuito de recarga.

En este ejemplo, el potencial de referencia sobre el nodo n3 está proporcionado por un puente divisor de tensión que comprende una resistencia R2 en serie con una resistencia R3 entre los terminales de salida O+ y O- del circuito de recarga. Más particularmente, en este ejemplo, la resistencia R2 tiene un primer extremo unido, por ejemplo, conectado, al nodo O+ y un segundo extremo unido, por ejemplo, conectado, al nodo n3 y la resistencia R3 tiene un primer extremo unido, por ejemplo, conectado, al nodo n3 y un segundo extremo unido, por ejemplo, conectado, al nodo O-.

En el ejemplo representado, el circuito 207 comprende, además, un circuito opcional de estabilización de la tensión aplicada sobre el terminal de entrada positivo (+) del comparador, que comprende una resistencia R4 que une el nodo n2 a la entrada positiva (+) del comparador 401 y un condensador C3 que une la entrada positiva (+) del comparador 401 al terminal O-.

El circuito 207 comprende, por lo demás, un diodo D2 cuyo ánodo está unido, por ejemplo, conectado, a la salida del comparador 401 y cuyo cátodo está unido, por ejemplo, conectado, a un nodo intermedio n4 del circuito 207.

El circuito 207 comprende, por lo demás, un circuito de temporización que comprende un condensador C4 que tiene un primer electrodo unido, por ejemplo, conectado, al nodo n4 y un segundo electrodo unido, por ejemplo, conectado, al terminal O- y, en paralelo del condensador C4, una resistencia R5 que tiene un primer extremo unido, por ejemplo, conectado, al nodo n4 y un segundo extremo unido, por ejemplo, conectado, al terminal O-.

En este ejemplo, el nodo de salida s2 está unido, por ejemplo, conectado, al nodo n4.

El circuito 207 de la figura 4 comprende, por lo demás, un circuito 403 de mando del interruptor K2. El circuito 403 comprende una resistencia R6 en serie con un transistor MOS de canal N M1 entre los terminales O+ y O- del circuito de recarga. En el ejemplo representado, la resistencia R6 tiene un primer extremo unido, por ejemplo, conectado, al terminal O+ y un segundo extremo unido, por ejemplo, conectado, a un nodo intermedio n5 del circuito 403 y el transistor M1 tiene un primer nodo de conducción unido, por ejemplo, conectado, al nodo n5 y un segundo nodo de conducción unido, por ejemplo, conectado, al terminal O-. La puerta del transistor M1 está unida, por ejemplo, conectada, al nodo n4. El circuito de mando 403 comprende, por lo demás, un circuito de bomba de carga 407 (no detallado) que comprende unos nodos de alimentación a+ y a- unidos, por ejemplo, conectados, respectivamente a los terminales O+ y O- del circuito de recarga, un nodo de entrada n6 unido, por ejemplo, conectado, al nodo n5 y un nodo de salida n7 unido, por ejemplo, conectado al nodo s1.

En este momento, se va a describir el funcionamiento del circuito de detección de sobretensión 207 de la figura 4. En este ejemplo, se considera que los terminales co- y O- están conectados a un mismo nodo de aplicación de un potencial de referencia, por ejemplo, la masa, con respecto al que se definen todas las tensiones del circuito.

En régimen establecido, cuando la tensión V_B entre los terminales O+ y O- del circuito de recarga es inferior al umbral de avalancha V_{Z1} del diodo Zener Z1, el diodo Z1 está bloqueado y la tensión sobre el nodo n2 (referenciada con respecto al terminal O-) es sustancialmente nula. De ello resulta que la tensión de salida del comparador 401 está en un estado bajo (sustancialmente nulo). De este modo, la tensión sobre el nodo n4 es sustancialmente nula. La señal s2 está, por lo tanto, en un estado bajo, interpretado por el circuito de control 109 como un estado de mando en el estado activo del convertidor de conmutación 107. El transistor M1 está, por su parte, mantenido abierto, de modo que

la tensión sobre el nodo n5 está en un estado alto (sustancialmente igual a la tensión sobre el nodo O+), interpretado por el circuito de mando 407 como una señal de mando en el estado cerrado del interruptor K2. El circuito 407 aplica, de este modo, sobre el nodo s1 una señal de mantenimiento del estado cerrado del transistor K2, es decir, una tensión superior a la tensión de fuente del transistor K2.

Cuando la tensión V_B entre los terminales O+ y O- del circuito de recarga rebasa el umbral de avalancha V_{Z1} del diodo Zener Z1, el diodo Z1 entra en conducción, que provoca un aumento de la tensión sobre el nodo n2. Cuando la tensión sobre el nodo n2 rebasa la tensión V_{REF} aplicada sobre el nodo n3, la tensión de salida del comparador 401 pasa al estado alto (sustancialmente igual a la tensión sobre el terminal O+). Esto conlleva la carga rápida, por mediación del diodo D2, del condensador C4, que marca el principio del período de inhibición T_{inh} del convertidor de conmutación. El condensador C4 se descarga, a continuación, lentamente mediante la resistencia R5, fijando la constante de tiempo R5xC4 la duración del período T_{inh}. Durante el período T_{inh}, la tensión sobre el nodo n4 está en un estado alto. La señal s2 está, por lo tanto, en un estado alto, interpretado por el circuito de control 109 como un estado de mando en el estado inactivo del convertidor de conmutación 107. El transistor M1 está, por su parte, mantenido cerrado, de modo que la tensión sobre el nodo n5 está en un estado bajo (sustancialmente igual a la tensión sobre el nodo O-), interpretado por el circuito de mando 407 como una señal de mando en el estado abierto del interruptor K2. El circuito 407 aplica, de este modo, sobre el nodo s1 una señal de mantenimiento en el estado abierto del transistor K2. Se señalará que, en este ejemplo, el umbral de sobretensión V_{TH} que provoca la apertura del interruptor K2 y la parada del convertidor de conmutación es sustancialmente igual a $V_{Z1}+V_{REF}$. A título de ejemplo, el valor V_{REF}, fijado por los valores de las resistencias R2 y R3, está comprendido entre 0,1 y 1 V, por ejemplo, del orden de 0,2 V.

Se señalará que, en el ejemplo de la figura 4, el interruptor K2 es un transistor MOS de canal N. Una ventaja de un interruptor de este tipo es que genera unas pérdidas de conducción relativamente escasas con respecto a un transistor MOS de canal P. No obstante, como contrapartida, su mando es más complejo de implementar, puesto que necesita la aplicación sobre su puerta de una tensión superior a la tensión presente sobre el terminal O+ del circuito de recarga (para mantener el interruptor K2 en el estado pasante).

Como una variante, el interruptor K2 puede reemplazarse por un transistor MOS de canal P, en cuyo caso el circuito de mando 403 puede omitirse y la puerta del transistor K2 conectarse directamente al nodo n4.

Más generalmente, cualquier otro interruptor controlable en el estado abierto y en el estado cerrado puede utilizarse para realizar el interruptor K2.

Se han descrito unos modos de realización particulares. Diversas variantes y modificaciones serán evidentes para el experto en la técnica. En particular, los modos de realización descritos no se limitan al ejemplo particular de realización del circuito de detección de sobretensión 207 descrito en relación con la figura 4. Más generalmente, en experto en la materia sabrá, a partir de las indicaciones funcionales de la presente descripción, prever otras maneras de realizar el circuito 207, en electrónica analógica y/o en electrónica digital (por ejemplo, por medio de un microcontrolador).

REIVINDICACIONES

1. Circuito de recarga (205) de una batería eléctrica (101) por medio de un módulo fotovoltaico (103), que comprende:

unos primer (I+) y segundo (I-) terminales de entrada destinados a estar unidos respectivamente a unos primer (M+) y segundo (M-) terminales del módulo fotovoltaico;
unos primer (O+) y segundo (O-) terminales de salida destinados a estar unidos respectivamente a unos primer (B+) y segundo (B-) terminales de la batería;
un convertidor de conmutación (107) que comprende unos primer (ci+) y segundo (ci-) terminales de entrada unidos respectivamente a los primer (I+) y segundo (I-) terminales de entrada del circuito de recarga y unos primer (co+) y segundo (co-) terminales de salida unidos respectivamente a los primer (O+) y segundo (O-) terminales de salida del circuito de recarga;
un circuito de control (109) del convertidor de conmutación (107), que comprende unos primer (s+) y segundo (s-) terminales de alimentación unidos respectivamente a los primer (O+) y segundo (O-) terminales de salida del circuito de recarga;
un interruptor de protección (K2) que une el primer terminal de salida (co+) del convertidor de conmutación al primer terminal de salida (O+) del circuito de recarga; y **caracterizado por** un circuito de detección de sobretensión (207) configurado para, cuando la tensión entre los primer (O+) y el segundo (O-) terminales de salida del circuito de recarga rebasa un umbral, controlar la apertura del interruptor de protección (K2) y la parada del convertidor de conmutación (107) durante un período de inhibición predeterminado.

2. Circuito de recarga (205) según la reivindicación 1, en el que el circuito de detección de sobretensión (207) está configurado, además, para, al final del período de inhibición, controlar el cierre del interruptor de protección (K2) y el reinicio del convertidor de conmutación (107).

3. Circuito de recarga (205) según la reivindicación 1 o 2, en el que el circuito de control (109) está configurado para controlar el convertidor de conmutación (107) en función de la tensión y/o de la corriente de salida del módulo fotovoltaico (103), medidas sobre los primer (I+) y/o segundo (I-) terminales de entrada del circuito de recarga.

4. Circuito de recarga (205) según la reivindicación 3, en el que el circuito de control (109) está configurado para adaptar automáticamente el mando del convertidor de conmutación (107) para maximizar la potencia de salida del módulo fotovoltaico.

5. Circuito de recarga (205) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el circuito de detección de sobretensión (207) comprende un comparador (401) cuya salida está unida a un nodo de recarga (n4) de un circuito de temporización (C4, R5) por mediación de un diodo (D2).

6. Circuito de recarga (205) según la reivindicación 5, en el que el circuito de temporización comprende un primer condensador (C4) y una primera resistencia (R5) unidos en paralelo entre el nodo de recarga (n4) del circuito de temporización y el segundo terminal de salida (O-) del circuito de recarga (205).

7. Circuito de recarga (205) según la reivindicación 5 o 6, en el que el circuito de detección de sobretensión (207) comprende un diodo Zener (Z1) unido en serie con una segunda resistencia (R1) entre los primer (O+) y segundo (O-) terminales de salida del circuito de recarga, teniendo el comparador un terminal de entrada positivo (+) unido al punto medio entre el diodo Zener (Z1) y la segunda resistencia (R1) y un terminal de entrada negativo unido a un nodo (n3) de aplicación de una tensión de referencia.

8. Circuito de recarga (205) según la reivindicación 7, en el que el circuito de detección de sobretensión (207) comprende, además, un puente divisor de tensión resistivo que comprende una tercera resistencia (R2) en serie con una cuarta resistencia (R3) entre los primer (O+) y segundo (O-) terminales de salida del circuito de recarga (205), estando el nodo (n3) de aplicación de la tensión de referencia unido al punto medio entre las tercera (R2) y cuarta (R3) resistencias.

9. Circuito de recarga (205) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que el nodo de recarga (n4) del circuito de temporización está unido a un terminal de mando del interruptor de protección (K2) y a un terminal de mando del circuito de control (109) del convertidor de conmutación (107).

10. Sistema que comprende un módulo fotovoltaico (103), una batería eléctrica (101) y un circuito de recarga (205) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los primer (I+) y segundo (I-) terminales de entrada del circuito de recarga están unidos respectivamente a unos primer (M+) y segundo (M-) terminales del módulo fotovoltaico y en el que los primer (O+) y segundo (O-) terminales de salida del circuito de recarga están unidos respectivamente a unos primer (B+) y segundo (B-) terminales de la batería.

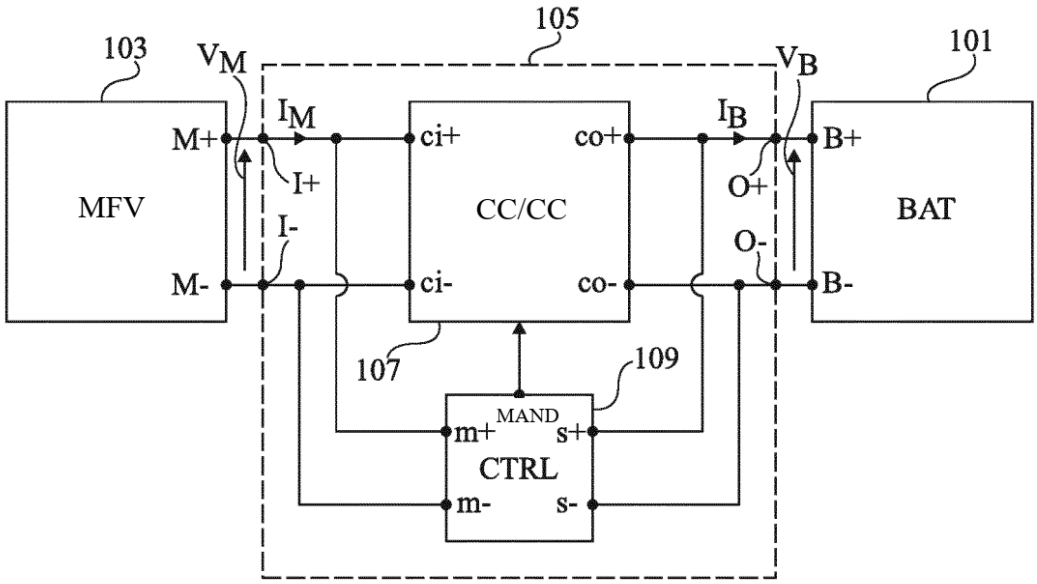
105
103
101
V_M
V_B
I_M
I_B
M+
M-
I+
I-
ci+
ci-
co+
co-
O+
O-
B+
B-
MFV
CC/CC
BAT
107
109
MAND
m+
s+
CTRL
m-
s-

Fig 1

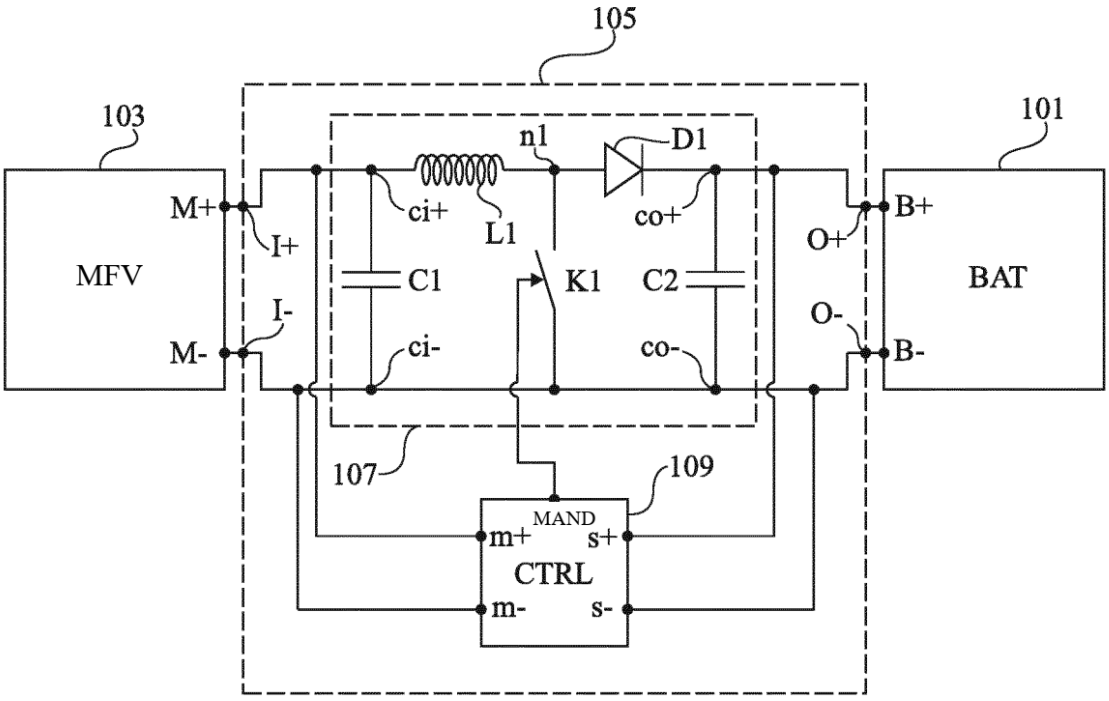
105
103
101
n1
D1
M+
I+
ci+
L1
co+
O+
B+
MFV
C1
K1
C2
BAT
I-
O-
M-
ci-
co-
B-
107
109
MAND
m+
s+
CTRL
m-
s-

Fig 2

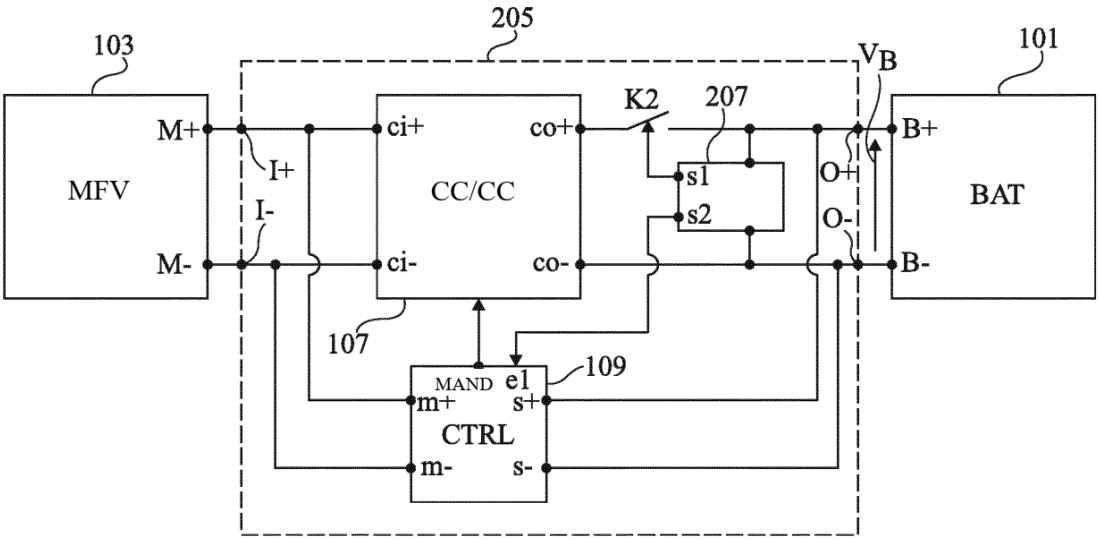
205
103
101
V_B
K2
207
M+
ci+
co+
B+
MFV
I+
CC/CC
s1
O+
BAT
I-
s2
O-
M-
ci-
co-
B-
107
109
MAND
e1
m+
s+
CTRL
m-
s-

Fig 3

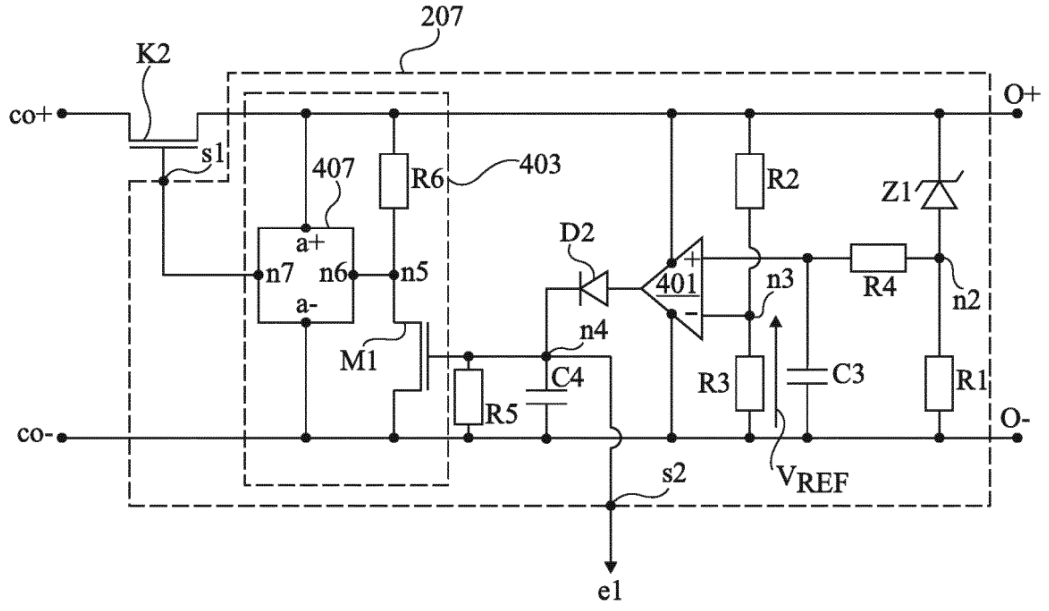
207
K2
O+
co+
s1
407
R6
403
R2
Z1
a+
D2
n7
n6
n5
401
n3
R4
n2
a-
M1
n4
C4
R3
C3
R1
co-
R5
O-
s2
V_{REF}
e1

Fig 4