(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 443 740**

(51) Int. CI.:

H01L 31/042 (2006.01)
H01L 31/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2011 E 11703914 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2013 EP 2524397**

(54) Título: **Sistema de gestión y de control de paneles fotovoltaicos**

(30) Prioridad:

12.01.2010 FR 1000108

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.02.2014

(73) Titular/es:

ARNAUD, THIERRY (33.3%)
99 Chemin de la Cafeta
74330 Poisy, FR;
WELLIG, ARMIN (33.3%) y
POZSGAY, ANDRAS (33.3%)

(72) Inventor/es:

POZSGAY, ANDRAS

(74) Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

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

Sistema de gestión y de control de paneles fotovoltaicos

Sector técnico de la invención

[0001] La invención se refiere a la gestión de un parque de paneles fotovoltaicos.

Estado de la técnica

[0002] Un panel fotovoltaico clásico comprende varias asociaciones paralelo/ serie de células fotovoltaicas y proporciona en sus bornes una tensión continua de unos cuarenta voltios en condiciones de iluminación nominales. En una instalación mínima, se conecta en serie una decena de paneles para producir una tensión continua, del orden de 400 V, que es explotable con un buen rendimiento por un ondulador para transferir la energía producida a la red.

[0003] Una ventaja de la conexión en serie de los paneles es que las conexiones son reducidas en dos bornes de conexión por panel, más un borne de masa, lo cual facilita la instalación. Los paneles están así dotados de cajas de unión normalizadas que comprenden los bornes requeridos.

[0004] Sin embargo, la conexión en serie puede presentar un determinado número de problemas.

[0005] La corriente producida por una cadena serie de paneles está determinada por el eslabón más reducido, es decir el panel que genera la corriente más reducida. Este panel puede simplemente ser un panel que se encuentra en la sombra. En esta situación, hay que establecer un camino que corto-circuita el panel, de manera que los paneles que funcionan en condiciones normales puedan proporcionar su corriente nominal. Para ello, los paneles están provistos de diodos llamados de « bypass », conectados entre los bornes del panel, en el sentido de la corriente, que resulta ser el sentido bloqueado de los diodos con respecto a la tensión generada por el panel. Cuando un panel deja de generar más tensión, la corriente de la cadena pasa por sus diodos de « bypass ».

[0006] Sin embargo, cuando un panel está parcialmente en la sombra, producirá una tensión inferior a su tensión nominal, pero suficiente para evitar la puesta en función de los diodos de « bypass ».

[0007] Para gestionar esta situación de manera más inteligente, se ha previsto dotar a cada panel fotovoltaico de un módulo de control alimentado eléctricamente por el panel, tal como se describe en las solicitudes de patente WO 01/80321 A, EP 2 141 746 A2 y más especialmente en la patente US7602080.

[0008] La figura 1 representa esquemáticamente un módulo de control local 10 (LCU) asociado a un panel 12, tal como se describe en la patente mencionada. El módulo de control LCU está conectado con el panel 12 por dos bornes de conexión A1 y A2, estando el borne A1 conectado al « + » del panel, y el borne A2 al « - ». El módulo comprende dos bornes B1 y B2 de puesta en serie por un conductor único 13 a unos módulos homólogos. Un diodo de « bypass » D1 en su cátodo conectado con el borne B1 y su ánodo conectado con el borne B2. El sentido de la corriente serie en el conductor 13 es así del borne B2 hacia el borne B1. Un conmutador S, controlado por un circuito 14, está conectado entre los bornes A1 y B1. Un condensador C1 está conectado entre los bornes A1 y A2.El circuito de control 14 está alimentado por el panel 12, entre los bornes A1 y A2. Se comunica con una central común situada al nivel del ondulador por un enlace COM. Este enlace, para evitar multiplicar el número de conexiones entre paneles, puede hacerse por corrientes portadoras en el conductor de enlace serie o por comunicación inalámbrica.

[0009] El objetivo de este sistema de gestión es controlar en modo troceado el conmutador S de un módulo asociado a un panel débilmente iluminado para optimizar la transferencia de energía.

[0010] Tal como se ha indicado, los módulos de control LCU están alimentados por el panel 12 asociado. Si la producción eléctrica del panel es insuficiente, el módulo deja de funcionar. En este caso, el módulo es incapaz de comunicarse con la central de gestión, en especial para indicar el estado fuera de servicio, permanente o temporal, del panel.

[0011] El sistema descrito en la patente mencionada utiliza medios complejos de comunicación entre los módulos y la central de gestión. Cada módulo debe integrar un microcontrolador y un modem por corrientes portadoras o de comunicación inalámbrica. Estos medios son demasiado costosos para instalaciones de gama baja en las cuales se desea integrar sin embargo determinadas funciones de base.

[0012] Un parque de paneles fotovoltaicos presenta un peligro de electrocución durante el montaje. Efectivamente, un panel iluminado, incluso desconectado, empieza a producir electricidad. A medida que se van conectando los paneles en serie, la diferencia de potencial presente entre los bornes extremos de los paneles montados aumenta, alcanzando esta diferencia de potencial unos 400 V en el momento en que hay que conectar el último panel.

[0013] En los parques actuales, es difícil localizar el emplazamiento de un corte accidental del conductor de enlace serie. Efectivamente, el corte del conductor serie anula la corriente en este. La anulación de la corriente es vista par todos los módulos de los paneles al mismo tiempo, de manera que un módulo, incluso dotado de inteligencia, no puede determinar que el corte ocurre en su nivel para avisar de este.

Resumen de la invención

[0014] La invención se refiere a un módulo de control local de un panel fotovoltaico según la reivindicación 1.

[0015] Así, se puede desear que un módulo de control local de un panel fotovoltaico pueda ser alimentado eléctricamente incluso si el panel no produce electricidad, y ello sin utilizar más enlaces que el conductor de enlace serie de los paneles.

[0016] Para satisfacer esta necesidad, se prevé un módulo de control local de un panel fotovoltaico que comprende unos terminales primero y segundo de puesta en serie con unos módulos homólogos por un conductor único, y medios para alimentar el módulo en electricidad a partir de la corriente que circula en el conductor único.

[0017] Un modo de realización de central de gestión de un conjunto de módulos de este tipo comprende un sensor para medir la corriente que circula en el conductor único y medios para inyectar en el conductor único una corriente suficiente para alimentar los módulos cuando la corriente medida es inferior a un umbral.

[0018] Se puede desear por otro lado que el módulo incorpore una inteligencia mínima, en especial para controlar un dispositivo de seguridad que limite el riesgo de electrocución, sin por ello prever unos medios de comunicación complejos.

[0019] Para satisfacer esta necesidad, se prevé un módulo de control local de un panel fotovoltaico que comprende unos terminales primero y segundo de puesta en serie por un conductor único con unos módulos homólogos; un primer terminal de conexión del panel fotovoltaico, conectado con el primer terminal de puesta en serie; un conmutador conectado entre el segundo terminal de puesta en serie y un segundo terminal de conexión del panel; un diodo conectado entre los terminales primero y segundo de puesta en serie; un convertidor previsto para alimentar el módulo a partir de la tensión desarrollada por el panel entre los terminales primero y segundo de conexión del panel; un sensor para medir la corriente que circula en el conductor único; y medios para cerrar el conmutador cuando la corriente que circula en el conductor único sobrepasa un umbral.

[0020] Un modo de realización de central de gestión de un conjunto de módulos de este tipo comprende medios para determinar una puesta en tensión del conjunto de los módulos; y medios para inyectar en el conductor único una corriente superior al umbral cuando se determina la puesta en tensión, lo cual provoca el cierre de los conmutadores de los módulos asociados a unos paneles que suministran electricidad.

[0021] Se desea finalmente poder localizar de manera simple el emplazamiento de un corte del conductor de enlace serie de los paneles.

[0022] Para satisfacer esta necesidad, se prevé un módulo de control local de un panel fotovoltaico que comprende unos terminales primero y segundo de puesta en serie con unos módulos homólogos por un conductor único; un elemento de diodo que permite la circulación de corriente entre los terminales primero y segundo de puesta en serie cuando el panel fotovoltaico no produce electricidad; un borne de conexión a tierra; y una fuente de corriente constante conectada entre el borne de conexión a tierra y el conductor único.

[0023] Un modo de realización de central de gestión de un conjunto de módulos de este tipo comprende unos terminales primero y segundo de entrada, de conexión a los extremos del conductor único, estando uno de los bornes de entrada conectado a tierra; un sensor para medir la corriente que circula en el conductor único; y medios para, a partir de la corriente medida, localizar el módulo al nivel del cual se encuentra el corte.

[0024] La central puede llevar a cabo un procedimiento que comprende las etapas siguientes: detectar el corte por el hecho de que la corriente en el conductor único cae a un valor residual inferior o igual a la suma de las corrientes de las fuentes de corriente constante de los módulos; y determinar el rango del módulo al nivel del cual se sitúa el corte dividiendo el valor residual de la corriente por el valor de las fuentes de corriente constante.

Breve descripción de los dibujos

[0025] Otras ventajas y características aparecerán más claramente en la descripción siguiente de modos particulares de realización ofrecidos a título de ejemplos no limitativos e ilustrados con ayuda de los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1, anteriormente descrita, representa un módulo de control local de panel de un sistema de gestión clásico de un parque de paneles fotovoltaicos;

- la figura 2 representa un modo de realización de módulo de control local de panel que puede ser alimentado con electricidad independientemente de la producción eléctrica del panel;

- las figuras 3a y 3b representan dos modos de funcionamiento del módulo de la figura 2 cuando el panel produce electricidad;

- las figuras 4a y 4b representan dos modos de funcionamiento del módulo de la figura 2 cuando el panel no produce electricidad;

- la figura 5 representa un modo de realización de sistema de localización de corte del conductor de enlace en serie de los paneles y de una central de gestión adaptada;

- la figura 6 representa un modo de realización de módulo de control local de panel que incorpora medios de comunicación simples, en especial para controlar un dispositivo de seguridad que limitan los riesgos de electrocución;

- la figura 7 representa una variante del módulo de la figura 2;

- la figura 8 representa otra variante del módulo de la figura 7; y
- las figuras 9a y 9b representan dos modos de funcionamiento de la variante de la figura 8.

Descripción de modos de realización preferidos de la invención

[0026] La figura 2 representa esquemáticamente un modo de realización de módulo de control local LCU de un panel fotovoltaico 12, que no depende de la producción de electricidad del panel para ser alimentado. El módulo se alimenta con la corriente serie que circula en el conductor 13 de enlace serie de los paneles.

[0027] El módulo, destinado a ser integrado en una caja de unión normalizada, comprende los mismos bornes A1, A2, B1 y B2 que el módulo de la figura 1. El borne A1 de conexión del panel está conectado al borne B1 de puesta en serie. El conmutador S, en la forma de un transistor MOS de canal N, a título de ejemplo, está unido entre el borne A2 de conexión del panel y el borne B2 de puesta en serie. En lugar de encontrar un único diodo entre los bornes B1 y B2, se tiene un apilamiento de diodos Dn que forma un elemento de diodo cuyo umbral de conducción es superior al de un diodo. Los cátodos del apilamiento de diodos Dn están del lado del borne B1. Un diodo D0 está conectado por su cátodo con el borne A1, y por su ánodo con el borne A2. Este diodo D0 tiene preferentemente un umbral de conducción reducido, y por ello puede ser un diodo Schottky.

[0028] La rejilla del transistor S está controlada por un circuito 14 que está alimentado entre el potencial suministrado por un convertidor 16 y el borne A2. La tensión de alimentación Vin del convertidor 16 se extrae en los bornes del transistor S. Así, la tensión Vin en los bornes del transistor S es especialmente reducida cuando el transistor S está cerrado. El transistor S se escoge con una resistencia en el estado pasante (Rdson) suficientemente elevada para que la tensión en sus bornes, producida por la corriente que la atraviesa, pueda alimentar el convertidor 16. Se verá a continuación que se consigue alimentar el convertidor 16 en todos los modos de funcionamiento del módulo.

[0029] El convertidor 16 es preferentemente un elevador de tensión de recorte. Existen en el mercado elevadores de tensión que pueden producir en régimen permanente una tensión de alimentación suficiente a partir de menos de 100 mV, tal como el circuito L6920 comercializado por STMicroelectronics. Este circuito necesita sin embargo una tensión más elevada para arrancar, que le será suministrada tal como se verá a continuación.

[0030] Este convertidor 16 es generalmente previsto para trabajar con una tensión de entrada máxima de algunos voltios, mientras que la tensión Vin puede alcanzar la tensión Vp del panel. Preferentemente, se prevé a la entrada del convertidor 16 un circuito limitador de tensión 17 a base de transistor y diodo Zener para mantener la tensión de entrada del convertidor en los límites requeridos.

[0031] El circuito de control 14 integra aquí, como medio de comunicación con una central de gestión, un modem de corrientes portadoras conectado con un transformador de corriente 18 insertado en el conductor de enlace serie al nivel del borne B2. El módulo puede así, por ejemplo, transmitir a la central de gestión el valor de la tensión suministrada por el panel 12, medida por un puente de resistencias 20, y recibir órdenes de conmutación del transistor S.

[0032] Con la finalidad de mejorar la transmisión por corrientes portadoras, se prevé un condensador C2 conectado en los bornes del elemento de diodo Dn. Este condensador ofrece una impedancia reducida a la frecuencia de modulación de las corrientes portadoras, y por lo tanto permite corto-circuitar las impedancias complejas introducidas por los diversos elementos conectados entre los bornes B1 y B2.

[0033] Las figuras 3a y 3b representan dos modos de funcionamiento del módulo de la figura 2 cuando el panel 12 produce electricidad. El transistor S se simboliza por un conmutador y se supone que el circuito 14 (no representado aquí) controla el cierre del transistor S permanentemente, lo cual es equivalente, tal como de ha representado, al control del transistor S por la salida del convertidor 16. También se supone que los extremos de la cadena de paneles están conectados al ondulador que cierra el circuito de corriente.

[0034] En la figura 3a, nos encontramos en una situación de arranque del parque en pleno día. El módulo estaba desprovisto de alimentación, puesto que la corriente serie era nula. El transistor S está por lo tanto abierto. La tensión Vp en los bornes del panel 12 establece una corriente que puede pasar por los elementos diodo Dn de los otros módulos (no representados), el ondulador (no representado), y el convertidor 16. Esta corriente vale:

$$I = [Vp - (n-1)Vn]/(Zinv+Zsmps),$$

y se tiene que Vin = Zsmps·I,
donde Vn es el umbral de conducción de un elemento de diodo Dn, n el número de paneles, Zinv la impedancia del ondulador y Zsmps la impedancia del convertidor 16. Como el ondulador está concebido para tratar una potencia elevada, su impedancia es reducida, mientras que la impedancia del convertidor 16 es más bien elevada. Así, la tensión Vin en la entrada del convertidor se establece prácticamente en Vp - (n-1)Vn, lo cual es ampliamente suficiente para el arranque del convertidor. El transistor S se cierra enseguida, y nos encontramos en el modo de la figura 3b.

[0035] En cambio, si el ondulador no está conectado a la cadena, por ejemplo si los paneles están en curso de instalación, no se puede establecer corriente alguna y el transistor S permanece abierto. Ello suprime el riesgo de electrocución.

[0036] Por lo tanto, en la figura 3b el transistor S se ha cerrado. Se trata del modo de funcionamiento normal del parque. La corriente llega del módulo precedente, pasa por el transistor S y el panel 12, y llega al módulo siguiente. Así, la tensión de entrada Vin del convertidor 16 se extrae en los bornes de un transistor S cerrado.

[0037] Tal como se ha indicado anteriormente, la resistencia en el estado pasante del transistor S se escoge para que la caída de tensión en sus bornes sea suficiente para alimentar el convertidor 16, una vez que este ha arrancado. Se desea que la caída de tensión en los bornes del transistor sea suficiente para alimentar el convertidor, pero que no afecte significativamente al rendimiento de producción de energía. Una caída de tensión del orden de 100 mV constituiría un buen compromiso.

[0038] De hecho, en el modo de la figura 3b, la tensión Vin resulta estar regulada a un valor suficiente. Efectivamente, si esta tensión Vin se vuelve insuficiente, el convertidor 16 ya no puede controlar el transistor S, y este último se pone a conducir menos. De repente, la tensión Vin en sus bornes aumenta hasta que ya sea de nuevo suficiente para alimentar el convertidor 16.

[0039] A partir de este modo de funcionamiento, se puede desear controlar la abertura del transistor S, por ejemplo para desconectar el panel tras haber detectado una anomalía. En la abertura del transistor S, la corriente serie se pone a circular esencialmente por el elemento de diodo Dn que ve una caída de tensión en inversa Vn igual al umbral de conducción del elemento Dn. La tensión de entrada del convertidor 16 vale entonces Vin = Vp+Vn, que es el valor más elevado de entre los modos de funcionamiento posibles.

[0040] Las figuras 4a y 4b representan dos modos de funcionamiento del módulo de la figura 2 cuando el panel 12 no produce electricidad.

[0041] La figura 4a ilustra un modo de funcionamiento alcanza después del de la figura 3b. El panel 12 cesa de producir electricidad, por ejemplo porque se encuentra en la sombra. El panel pasa de un funcionamiento en generador a un funcionamiento en carga atravesado por la corriente serie. La tensión en sus bornes se invierte hasta el umbral de conducción V0 del diodo D0, que toma entonces el relevo para hacer circular la corriente serie.

[0042] Se entiende aquí que el umbral de conducción Vn del elemento Dn es preferentemente superior a V0, de manera que la corriente serie pasa preferentemente por el diodo D0, y por lo tanto por el transistor S para alimentar el convertidor 16, en lugar de pasar por el elemento Dn sin pasar por el transistor S.

[0043] Como la cadena produce menos energía debido al fallo de un panel, la corriente serie también disminuye. Consecuentemente, la tensión Vin en los bornes del transistor S disminuye. El convertidor 16 reacciona de nuevo disminuyendo la conductancia del transistor S hasta que la tensión en sus bornes alimenta suficientemente el convertidor.

[0044] Si todos los paneles cesan de producir electricidad, por ejemplo a la llegada de la noche, la corriente serie se vuelve insuficiente para alimentar el convertidor 16. La impedancia de este se vuelve inferior a la del transistor S, y la

tensión Vin disminuye por debajo del umbral de funcionamiento del convertidor. El transistor S se abre, y la corriente serie continua circulando por el convertidor 16 y el diodo D0.

[0045] Si se desea seguir alimentando los módulos a partir de este instante, es suficiente con que la central de gestión inyecte una corriente serie suficiente, como se describirá a continuación.

[0046] En la figura 4b, el transistor S se encuentra abierto en una situación en que la corriente serie es suficiente para alimentar los módulos, pero donde el panel no produce electricidad. Encontramos esta situación en el arranque del parque a la llegada del día y el panel se encuentra en la sombra o bien es defectuoso. El módulo también puede haber recibido una orden de abertura del transistor S.

[0047] La corriente serie se reparte entre el diodo D0, pasando por el convertidor 16, y el elemento de diodo Dn. La tensión Vin es entonces igual a Vn-V0. Así, el umbral Vn del elemento Dn se escoge preferentemente para que la tensión Vn-V0 sea superior a un valor que permita el arranque del convertidor 16.

[0048] En una situación de arranque, el módulo no ha recibido orden para abrir el transistor S. El convertidor cierra el transistor S a partir del momento en que su tensión de entrada Vin alcanza un valor suficiente en su arranque. Nos encontramos entonces en el modo de funcionamiento de la figura 4a.

[0049] La figura 5 representa esquemáticamente una cadena de paneles solares conectada a un ondulador 22 (INV) por los dos extremos del conductor serie 13. Al ondulador le precede una central de gestión 24 (CCU), que lleva a cabo las funciones anteriormente mencionadas. En este modo de realización, la central comprende, en serie en el conductor 13, un interruptor general Sg de puesta fuera de servicio del parque, y una resistencia Rs de medida de la corriente serie. Una fuente de corriente auxiliar 26 está conectada para inyectar una corriente serie la en el conductor 13, de mismo sentido que la corriente nominal.

[0050] Un circuito de control 28 gestiona las funciones de la central CCU. Controla en especial el interruptor Sg y la fuente de corriente 26, y determina la corriente serie midiendo la tensión en los bornes de la resistencia Rs. Comprende además un modem de corrientes portadoras que permite comunicarse con modems homólogos de los módulos LCU por un transformador de corriente 30 insertado en la línea 13.

[0051] El interruptor general Sg está abierto para realizar operaciones de mantenimiento. Su abertura anula la corriente serie, por lo tanto la alimentación de los módulos que ven que sus transistores S se abren, suprimiendo así cualquier riesgo de electrocución.

[0052] El interruptor general Sg está cerrado en funcionamiento normal. Cuando la iluminación de los paneles se debilita, la corriente serie disminuye. El circuito de control 28 pone en servicio la fuente de corriente auxiliar 26 para seguir alimentando los módulos LCU cuando la corriente serie alcanza un valor mínimo. La central CCU extraerá su alimentación de una batería recargada de día, o bien de la red eléctrica.

[0053] Los módulos LCU se alimentan de este modo tanto de día como de noche y pueden comunicarse en todo momento con la central CCU por corrientes portadoras.

[0054] Si el conductor único 13 se secciona, tal como se ilustra entre los módulos segundo y tercero partiendo de abajo, la corriente serie se anula y los módulos dejan de estar alimentados. Sin embargo, se desearía conocer el emplazamiento del corte del conductor. Puesto que la corriente serie se anula al mismo tiempo para todos los módulos, la inteligencia incorporada en un módulo no puede servir para localizar el corte.

[0055] La figura 5 ilustra además un modo de realización de sistema de localización de corte del conductor serie. Cada módulo 10 comprende una fuente de corriente constante 32 conectada entre el conductor serie 13, por ejemplo al nivel del borne B1 del módulo, y un borne de tierra E del módulo. La función del borne de tierra E está normalizada. Sirve para conectar las partes metálicas del panel a tierra por un conductor 34 común a todos los paneles. Este conductor está además conectado con la entrada negativa de la central de gestión CCU y a la entrada negativa del ondulador, si el fabricante ha previsto la puesta a tierra del ondulador de esta manera. Determinados onduladores están conectados a tierra por su entrada positiva, en este caso, se invierte la dirección de la corriente de las fuentes 32.

[0056] Cada fuente 32 está prevista para hacer circular una corriente de vigilancia constante Iw desde el borne de tierra E hacia el borne B1 del módulo. Así, una corriente Iw que parte de cada fuente 32 circula, tal como se ha representado a trazos, en el sentido horario siguiendo la corriente serie en el conductor 13, que atraviesa a la central CCU, hasta la conexión del conductor 13 a tierra. Aquí, las corrientes Iw vuelven hacia las fuentes 32 respectivas por el conductor de tierra 34.

[0057] Cuando el conductor 13 se secciona, por ejemplo entre los módulos segundo y tercero partiendo desde abajo, las fuentes de corriente 32 de los módulos que se encuentran bajo el corte ya no pueden seguir haciendo circular su corriente Iw. En cambio, las fuentes 32 de los módulos que se encuentran por encima del corte pueden,

tal como se ha representado, seguir haciendo circular su corriente. La suma de las corrientes de vigilancia Iw que llegan a la central CCU es por lo tanto representativa del rango del módulo al nivel del cual se sitúa el corte.

[0058] Más concretamente, durante un corte del conductor serie 13, se anula la corriente serie. La central CCU lo detecta y pone en servicio la fuente de corriente auxiliar 26. La corriente auxiliar Ia, destinado a alimentar los módulos, tiene un valor nominal superior a la suma de las corrientes de vigilancia. Como en esta situación solamente pueden circular las corrientes de vigilancia por la fuente auxiliar 26, imponen su valor, que se establece en 3·Iw en este ejemplo. El circuito de control 28 divide esta corriente residual por el valor Iw de una corriente de vigilancia, y encuentra así el rango, 3 partiendo desde arriba, del módulo al nivel del cual se encuentra el corte. La corriente residual es como máximo igual a n·Iw (donde n es el número de módulos), lo cual corresponde al caso en que el corte ocurre entre el primer módulo y el ondulador. Si el corte ocurre entre el último módulo y el ondulador, la corriente residual es nula.

[0059] Este sistema de localización de corte es independiente del tipo de módulo utilizado. Puede tratarse de un módulo sin inteligencia alguna. Las fuentes de corriente 32 serán preferentemente de tipo bipolar, con la finalidad de que no se necesite alimentación eléctrica al nivel de los módulos. Una fuente de corriente bipolar extrae su alimentación de la tensión presente entre sus dos bornes, siempre que sea suficiente.

[0060] Cuando todos los paneles están alimentados y que no hay corte, las tensiones en los bornes de las fuentes 32 están cercanas de la tensión de entrada del ondulador, con algunos errores umbrales Vn. Sin embargo, las fuentes 32 se encuentran polarizadas en inversa y por ello son inactivas.

[0061] Cuando hay un corte, la fuente de corriente auxiliar 26 invierte la tensión de entrada en el ondulador, las fuentes 32 se polarizan y se vuelven activas. La fuente 32 que tiene la tensión más reducida en sus bornes es la del primer módulo, que ve una tensión Va - (n- 1)Vn, donde Va es la tensión en los bornes de la fuente de corriente auxiliar 26. La tensión de alimentación de la fuente auxiliar 26 se escoge preferentemente para que la fuente 32 del premier módulo vea una tensión suficiente en sus bornes.

[0062] En instalaciones de base, se puede prescindir de determinadas funciones para reducir el coste, en especial funciones de comunicación por corrientes portadoras. Se desea sin embargo conservar funciones de seguridad, en especial las que suprimen el riesgo de electrocución. Se ha visto que un módulo del tipo de la figura 2 garantiza, sin comunicación ninguna con la central, una abertura automática del transistor S a partir del momento en que deja de ser recorrido por una corriente. Dicho de otro modo, a partir del momento en que se corta la corriente serie, ya sea por un conmutador general al nivel del ondulador, o por retirada de un panel, los transistores S de todos los módulos desconectan los paneles del conductor serie, suprimiendo así el riesgo de electrocución.

[0063] Sin embargo, se podría desear una función de seguridad más segura, a saber una reconexión de los paneles solamente en caso de orden explícita. utilizando módulos del tipo de la figura 2, esta función se puede obtener utilizando un circuito de control local 14 que espera una orden específica para cerrar el transistor S. Esta orden le llegaría de la central por corrientes portadoras.

[0064] La figura 6 representa un modo de realización de módulo de control local que permite realizar esta función sin medios de comunicación complejos. Con respecto a la figura 2, se ha reemplazado el elemento de diodo Dn por un diodo único D1, preferentemente de tipo Schottky. El diodo D0 se ha suprimido. El convertidor que sirve para alimentar a los circuitos del módulo, aquí designado por 16', extrae su tensión de entrada en los bornes del panel 12, es decir en los bornes A1 y A2. Dicho de otro modo, aquí solo se alimenta al módulo si el panel 12 produce electricidad. Como se desea alimentar el módulo incluso si el panel está débilmente iluminado, y que produce una tensión reducida, el convertidor 16' es preferentemente de tipo elevador. Así, es preferible prever un limitador de tensión 17 a la entrada del convertidor para adaptar su tensión de entrada cuando el panel produce su tensión nominal.

[0065] El transistor S está controlado por un comparador 60 que compara la tensión en los bornes de una resistencia R2 con una tensión de referencia Vref y cierra el transistor S cuando la tensión en los bornes de la resistencia R2 sobrepasa la tensión de referencia Vref. Un amplificador de transconductancia 62 inyecta en la resistencia R2 una corriente indicativa de la corriente serie en el conductor 13. El amplificador 62 mide una tensión representativa de la corriente serie en los bornes de una resistencia R3 colocada en el conductor 13 entre los bornes A1 y B1.

[0066] El amplificador 62 se alimenta en los bornes de un diodo Zener Dz cuyo cátodo está conectado al borne B1 y el ánodo está conectado al borne A2 mediante una resistencia R4.

[0067] Con esta configuración, a partir del momento en que el panel 12 produce electricidad, el convertidor 16' alimenta los circuitos del módulo. Sin embargo, el transistor S permanece abierto. Lo mismo ocurre con todos los módulos de la cadena. Los paneles permanecen desconectados del conductor serie 13, incluso si el conjunto de la instalación está bajo tensión.

[0068] Con el fin de poner en marcha la instalación, la central de control CCU (figura 5) inyecta una corriente auxiliar en el conductor serie 13. Esta corriente pasa por los diodos D1 y las resistencias R3 de los módulos. Esta corriente se escoge suficiente para hacer bascular los comparadores 60. Los transistores S se cierran conectando los paneles al conductor serie. La corriente pasa, en cada módulo, por el transistor S, el panel 12, y la resistencia R3. Como la corriente que pasa por la resistencia R3 es aún más elevada que la corriente auxiliar, se mantiene el cierre del transistor S.

[0069] A partir del momento en que un panel 12 deja de producir electricidad, el módulo correspondiente deja de estar alimentado, y su transistor S se abre. La corriente serie pasa entonces por el diodo D1. A partir del momento en que el panel se pone de nuevo a producir electricidad, el módulo se alimenta. Como la corriente en la resistencia R3 es suficiente, el comparador 60 cierra inmediatamente el transistor R3.

[0070] Con el fin de provocar una nueva desconexión de seguridad de los paneles, se abre el interruptor general Sg (figura 5). Un cierre subsecuente de este interruptor pone la instalación bajo tensión, pero no provoca el cierre de los transistores S - para ello, hay que volver a inyectar una corriente en el conductor serie.

[0071] Una ventaja de este modo de realización, con respecto al de la figura 2, es que las caídas de tensión parásitas introducidas por el módulo pueden minimizarse. Efectivamente, el transistor S puede escogerse con una resistencia en el estado pasante tan reducida como se desee. El diodo D1, de tipo Schottky, presenta un umbral de conducción muy bajo.

[0072] La figura 7 representa una variante del módulo de la figura 2. Con respecto a la figura 2, el módulo comprende un segundo convertidor 70 alimentado entre los bornes A1 y A2, que se complementa con el convertidor 16, en especial en el modo de funcionamiento de la figura 3b.

[0073] El modo de la figura 3b corresponde a un modo normal de un panel que produce electricidad. Este modo es el que se desea tener más tiempo posible. También es un modo en el que se desea utilizar más funciones del módulo. En cambio, también es un modo en el que el módulo de la figura 2 está peor alimentado (a partir de la caída de tensión en los bornes del transistor S cerrado). Las funciones deseadas, llevadas a cabo por el microcontrolador, pueden consumir más corriente de la que puede suministrar el convertidor 16 a partir de una tensión del orden de 100 mV.

[0074] El convertidor suplementario 70 permite alimentar el módulo a partir del panel, y por lo tanto remplazar el convertidor 16 en los modos donde el panel produce electricidad. En los modos en que el panel no produce electricidad, es el convertidor 16 el que alimenta al módulo de la manera anteriormente descrita. El convertidor 70 es preferentemente un rebajador de tensión.

[0075] La figura 8 representa una variante del módulo de la figura 7. Con respecto a la figura 7, los dos convertidores 16 y 70 se sustituyen por un único convertidor 80, de tipo elevador. La entrada positiva del convertidor 80 está conectada al borne A1 por un diodo D2 y al borne B2 por un diodo D3. Estos diodos están conectados para suministrar al convertidor 80 el mayor de los potenciales presentes en los bornes A1 y B2.

[0076] El diodo D0 se sustituye por un diodo D0' cuyo cátodo permanece conectado al borne A1, pero cuyo ánodo deja de estar conectado con el borne A2. El ánodo del diodo D0' está conectado al borne negativo del convertidor 80. Un diodo D4 está conectado por su cátodo al borne A2 y por su ánodo al borne negativo del convertidor 80.

[0077] El convertidor 80 es de tipo elevador para trabajar con una tensión de entrada máxima de algunos voltios. Sin embargo, esta tensión de entrada puede, por los diodos D2 o D3, según el modo de funcionamiento, alcanzar la tensión del panel, lo cual puede ser incompatible con el intervalo de funcionamiento del convertidor. Preferentemente, igual que en la figura 2, se prevé a la entrada del convertidor un circuito limitador de tensión 17 que lleva la tensión de entrada a un valor aceptable cuando el convertidor se alimenta con el panel.

[0078] Los diodos D0' y D2 a D4 son, preferentemente, diodos con umbral de conducción reducido, por ejemplo de tipo Schottky.

[0079] Esta variante, como se verá a continuación, permite al convertidor 80 trabajar en mejores condiciones que en las figuras 2 y 7, en los modos en que el panel no produce electricidad.

[0080] La figura 9a ilustra el módulo de la figura 8 en un modo de funcionamiento donde el panel 12 produce electricidad. Una parte de la corriente del panel pasa por el diodo D2, el convertidor 80, el diodo D4, y vuelve al panel. Cualquiera que sea el estado del transistor S, este no está recorrido por la corriente que alimenta al convertidor. Si está abierto, la corriente serie pasa por el elemento de diodo Dn. Si está cerrado, la corriente serie pasa por el transistor y por el panel.

[0081] El convertidor está así alimentado por una tensión Vin = Vp - 2V0.

[0082] La figura 9b ilustra el módulo de la figura 8 en un modo de funcionamiento en que el panel 12 no produce electricidad. Una parte de la corriente serie pasa por el elemento de diodo Dn, que ve en sus bornes una tensión umbral Vn en inversa. Esta tensión Vn alimenta al convertidor 80: una segunda parte de la corriente serie pasa por el diodo D3, el convertidor 80, y el diodo D0'. El transistor S, ay esté cerrado o abierto, no afecta a la corriente que alimenta al convertidor 80.

[0083] El convertidor está así alimentado por una tensión Vin = Vn - 2V0. En función de la corriente consumida por los circuitos del módulo, se escogerá la tensión umbral Vn del elemento de diodo Dn para que el convertidor pueda suministrar la potencia requerida.

[0084] Un módulo del tipo de la figura 7 o 8 permanece alimentado incluso si se desconecta del conductor serie 13, mientras su panel siga iluminado. Por ello, la abertura del transistor S no es automática en la desconexión del módulo. Si se desea limitar el riesgo de electrocución en los módulos de las figuras 7 y 8, se podrá prever el mismo mecanismo que el de la figura 6.

[0085] Según una alternativa que utiliza la comunicación por corrientes portadoras, el módulo y la central 24 están configurados para llevar a cabo un proceso de « perro de guardia » o « *watch-dog* ». La central emite periódicamente una señal de verificación. En cada recepción de la señal de verificación, el módulo vuelve a inicializar un contador de tiempo. Si la señal de verificación deja de recibirse, porque el módulo ha sido desconectado del conductor serie 13, el contador llega a expiración y el módulo ordena la abertura del transistor S. A partir del momento en que el módulo recibe de nuevo la señal de verificación, ordena el cierre del transistor S.

REIVINDICACIONES

1. Módulo de control local de un panel fotovoltaico que comprende:

- unos terminales primero y segundo (B1, B2) de puesta en serie por un conductor único (13) con unos módulos homólogos;

- un primer terminal (A1) de conexión del panel fotovoltaico, conectado con el primer terminal (B1) de puesta en serie;

- un conmutador (S) conectado entre el segundo terminal (B2) de puesta en serie y un segundo terminal (A2) de conexión del panel;

- un diodo (DO) conectado entre los terminales primero y segundo (B1, B2) de puesta en serie; y
- un convertidor (70) previsto para alimentar el módulo a partir de la tensión desarrollada por el panel entre los terminales primero y segundo (A1, A2) de conexión del panel;

caracterizado por el hecho de que comprende:

- un sensor (R3) para medir la corriente que circula en el conductor único (13); y
- medios (60, 62) para cerrar el conmutador cuando la corriente que circula en el conductor único sobrepasa un umbral.

2. Módulo según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el conmutador (S) está abierto en ausencia de alimentación eléctrica, por lo que el conmutador se abre y permanece abierto cuando el panel fotovoltaico suministra una tensión insuficiente para alimentar el módulo.

3. Central de gestión de un conjunto de módulos según la reivindicación 1 conectados en serie por un conductor único (13), **caracterizada por el hecho de que comprende**:

- medios (28) para determinar una puesta en tensión del conjunto de los módulos; y
- medios (26) para inyectar en el conductor único una corriente superior a dicho umbral cuando se determina la puesta en tensión, lo cual provoca el cierre de los conmutadores (S) de los módulos asociados a unos paneles que suministran electricidad.

Fig 1

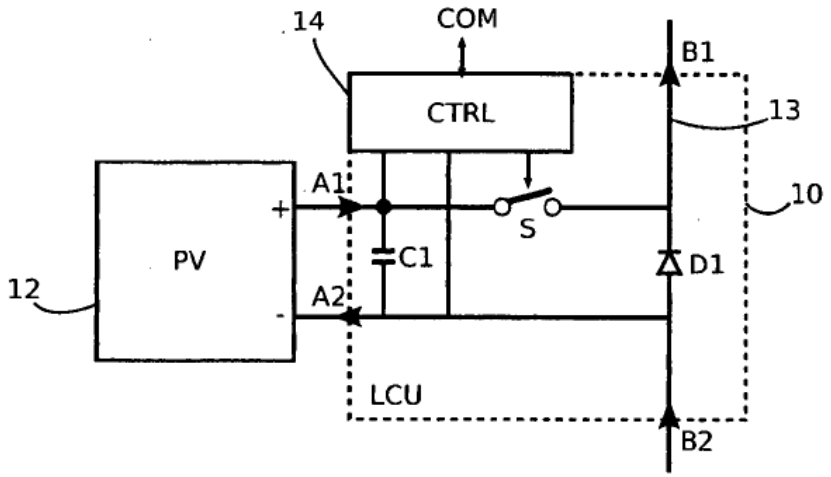
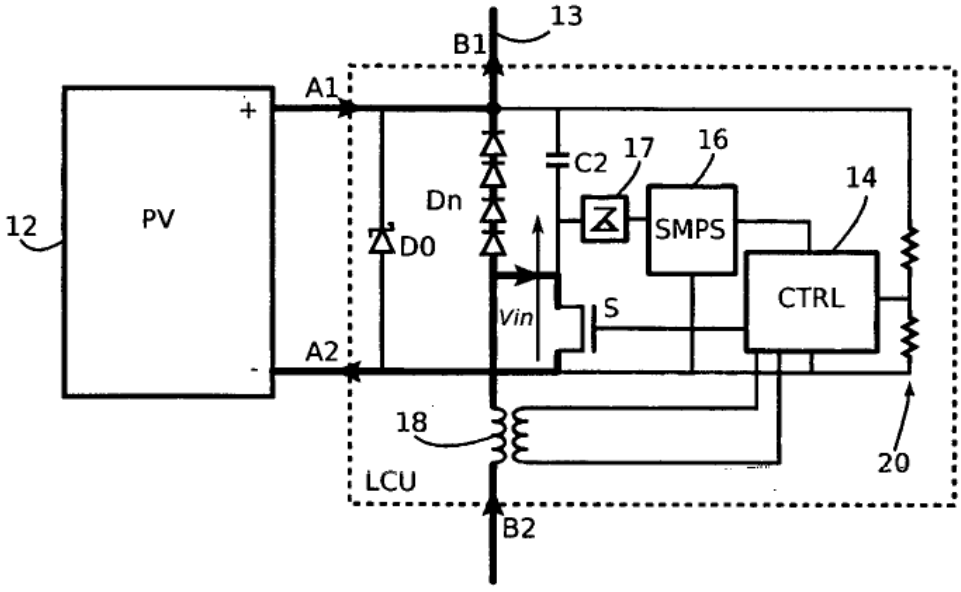

14
COM
B1
CTRL
13
A1
10
+
S
PV
C1
D1
12
A2
-
LCU
B2

Fig 2


13
B1
A1
+
C2
17
16
14
Dn
12
PV
D0
SMPS
CTRL
Vin
S
A2
-
18
20
LCU
B2

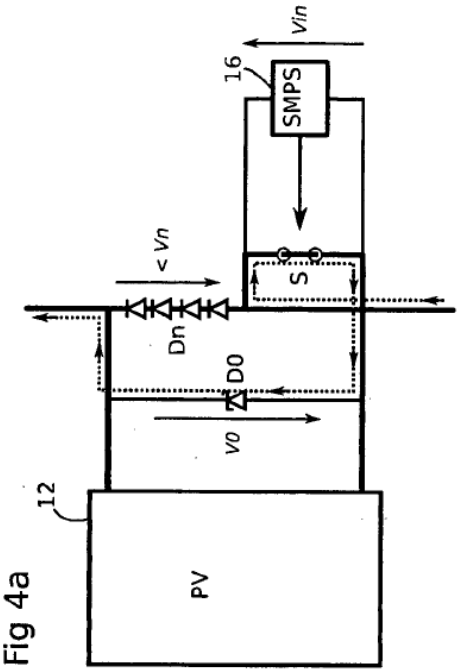


Fig 4a

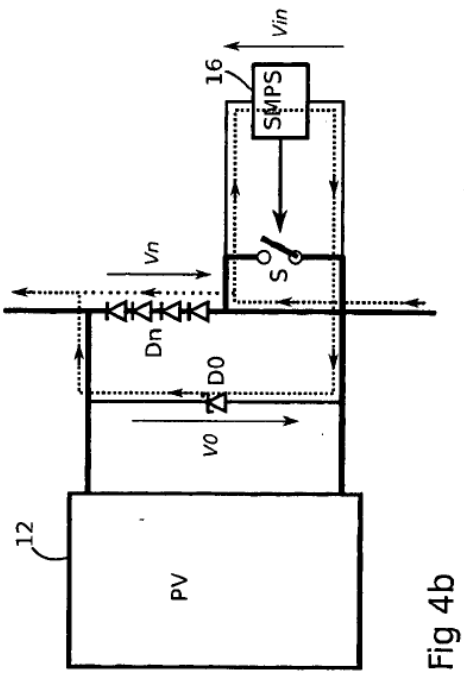


Fig 4b

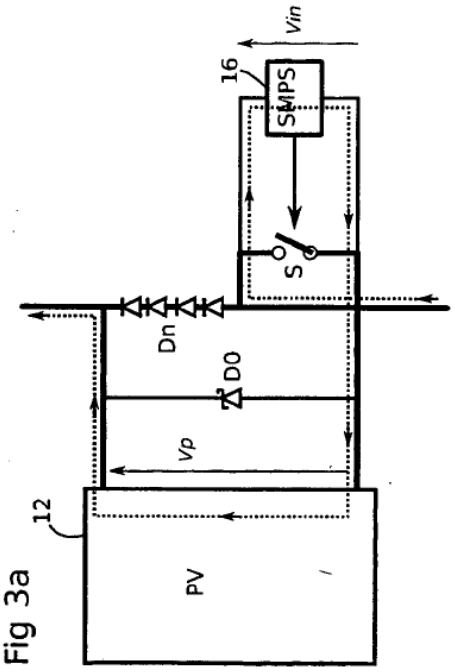


Fig 3a

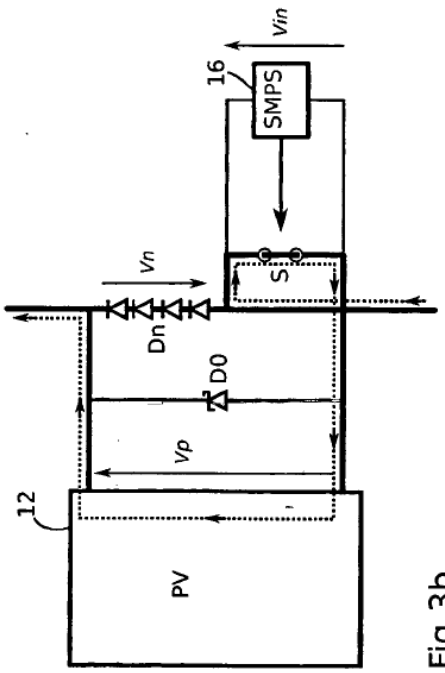


Fig 3b

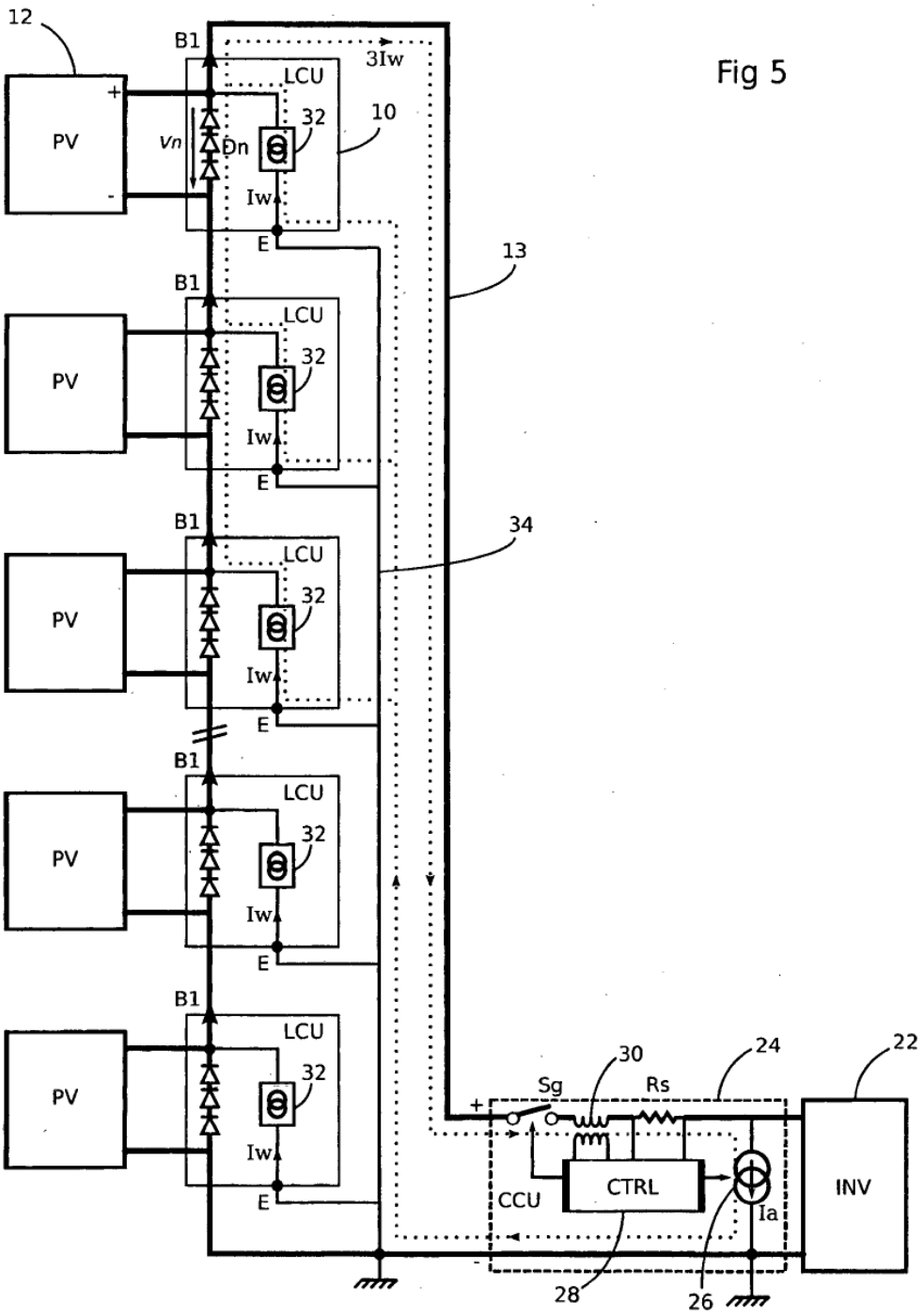

12
B1
3Iw
LCU
32
10
PV
Vn
Dn
Iw
E
13
34
30
24
22
Sg
Rs
CCU
CTRL
Ia
INV
28
26

Fig 5

Fig 6

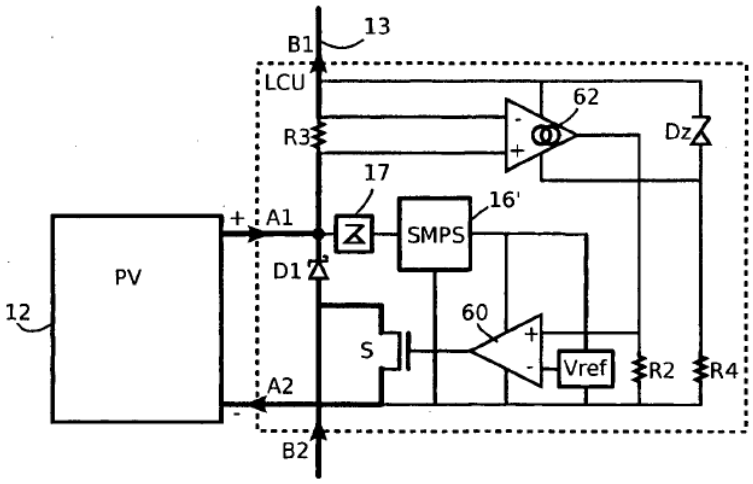


Fig 7

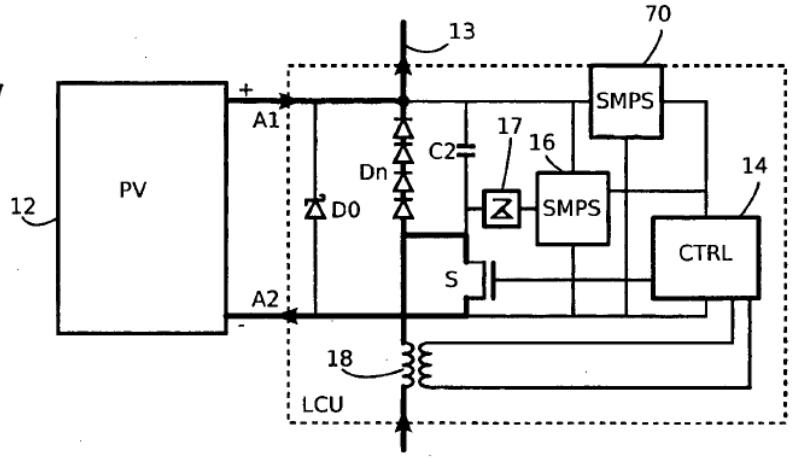


Fig 8

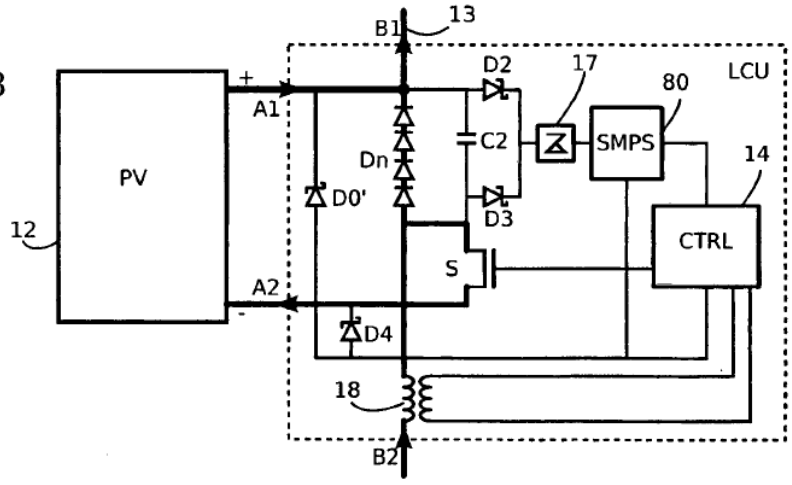


Fig 9a

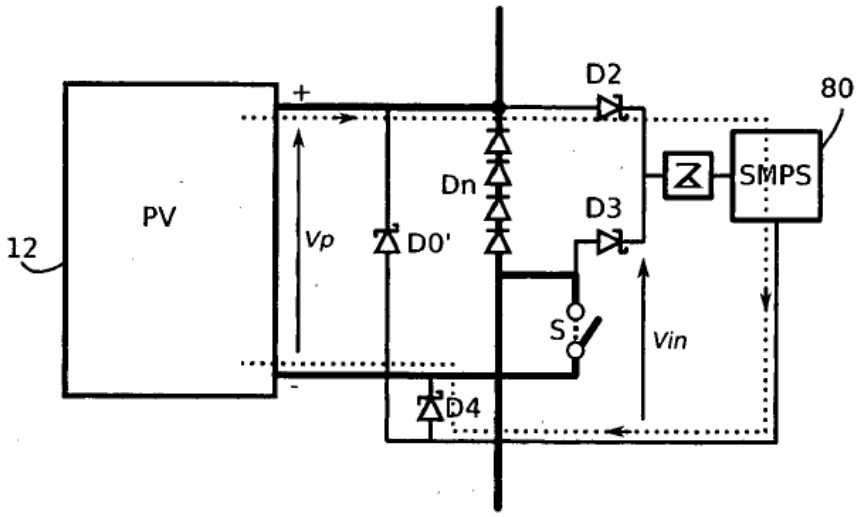
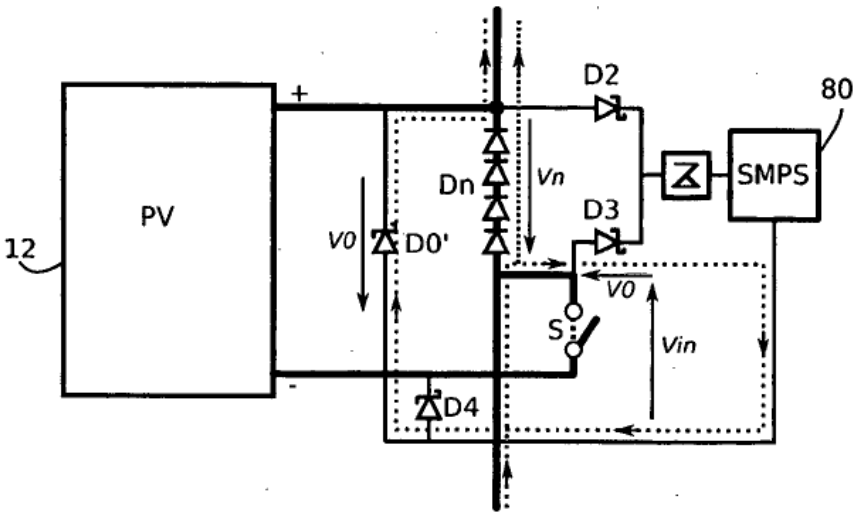

PV
12
+
-
Vp
D0'
Dn
D2
D3
D4
S
Vin
Z
SMPS
80

Fig 9b


PV
12
+
-
V0
D0'
Dn
Vn
D2
D3
D4
S
V0
Vin
Z
SMPS
80