

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 647**

51 Int. Cl.:

H01L 31/042 (2006.01)

H01L 27/142 (2006.01)

H01L 31/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06701624 .6**

96 Fecha de presentación: **24.01.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1849189**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.10.2007**

54

Título: **Circuito de protección con derivación de corriente para un módulo de células solares**

30

Prioridad:

26.01.2005 DE 102005003720

15.03.2005 DE 102005012213

20.04.2005 DE 102005018463

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:

26.12.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:

26.12.2012

73

Titular/es:

GÜNTHER SPELSBERG GMBH & CO. KG (50.0%)

IM GEWERBEPARK 1

58579 SCHALKSMÜHLE, DE y

INSTA ELEKTRO GMBH (50.0%)

72

Inventor/es:

QUARDT, DIRK;

GROSCH, VOLKER;

GROSSEN, THOMAS y

MUNDINGER, HARALD

74

Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 393 647 T3

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

DESCRIPCIÓN

Circuito de protección con derivación de corriente para un módulo de células solares

La invención se refiere a un circuito de protección según el preámbulo de las reivindicaciones 1 ó 3.

5 Los circuitos de protección de este tipo para la conexión eléctrica con células solares de un módulo de células solares se conocen bien por el documento WO 03/098 703 A2, así como por la práctica en múltiples configuraciones. Los circuitos de este tipo se denominan en parte también circuitos de conexión para células solares.

10 Generalmente, varias células solares se conectan entre sí para formar módulos de células solares. Para ello, existe la posibilidad de la conexión en serie o la posibilidad de la conexión en paralelo de las células solares en el módulo de células solares. En el caso de una conexión en paralelo de las células solares, las diferentes corrientes de las células solares se suman formando una corriente total. No obstante, en este caso las células solares conectadas en paralelo deberían presentar sustancialmente las mismas propiedades físicas, de modo que en la práctica apenas se ha impuesto la conexión en paralelo de células solares, en particular, porque una sola célula solar puede suministrar ya una corriente de varios amperios y la tensión de salida de células solares individuales es típicamente demasiado baja para poder hacer funcionar aparatos eléctricos, como aparatos electrodomésticos.

15 Por lo tanto, al combinar módulos de células solares formados por células solares individuales, éstas en muchos casos están conectadas en serie. No obstante, puede resultar un problema cuando un módulo de células solares queda parcialmente sombreado en el servicio, es decir, cuando una célula solar o una pluralidad de células solares del módulo de células solares recibe menos radiación solar o ninguna. El motivo de una radiación solar menor de este tipo puede ser, p.ej. suciedad en las células solares y/o las proyecciones de sombra de árboles, instalaciones en edificios o los edificios propiamente dichos.

20 A diferencia de un sombreado uniforme del módulo de células solares en toda su superficie, que sólo conduce a una reducción de la potencia en conjunto, en el caso de un sombreado parcial resulta el siguiente problema. Por las células solares conectadas en serie del módulo de células solares fluye una corriente común, contribuyendo cada célula solar individual con su tensión correspondiente a la tensión total del módulo de células solares. Cuando ahora queda sombreada una célula solar, ésta ya no genera tensión y opone a la conducción de la corriente en el módulo de células solares prácticamente un diodo en la dirección de no conducción. Esto significa, sin embargo, que ya no puede suministrar corriente el módulo de células solares en conjunto, de modo que queda perjudicada la función del módulo de células solares en conjunto.

25 Además es válido que a la célula solar sombreada está conectada una tensión, que depende de la posición de la célula solar sombreada en la conexión en serie. Si esta tensión conectada a la célula solar sombreada es superior a su tensión en estado de no conducción, en la célula solar se producirá una descarga disruptiva y, por lo tanto, un daño duradero.

30 Incluso en caso de no producirse ningún daño en la célula solar por una descarga disruptiva, en una célula solar sombreada se transforma una gran cantidad potencia perdida, de modo que la célula solar sombreada se calienta. También un calentamiento de este tipo puede conducir a daños en la célula solar sombreada, así como en las células solares adyacentes.

35 Para evitar los problemas relacionados con células solares parcialmente sombreadas, se usan dispositivos de protección, generalmente diodos de derivación, que se conectan en antiparalelo respecto a las células solares. De este modo se consigue que, si bien una célula solar sombreada ya no contribuye a la tensión total del módulo de células solares, sí se mantiene la conducción de la corriente. Por lo tanto, el módulo de células solares muestra sólo una tensión de servicio más baja, pero no falla completamente. Además, en la célula solar sombreada ya no se transforma potencia, de modo que puede evitarse un daño de la célula solar sombreada.

40 En principio, podría asignarse exactamente un diodo de derivación a cada célula solar de un módulo de células solares. No obstante, en muchos casos se procede de tal modo que una pluralidad de células solares conectadas en serie, es decir, una llamada cadena (string) de células solares, queda protegida por un diodo de derivación común.

45 Los circuitos de protección para la conexión eléctrica de células solares de un módulo de células solares presentan, por lo tanto, generalmente al menos un diodo de derivación, en muchos casos una pluralidad de diodos de derivación. No obstante, esto conlleva el problema que los circuitos de protección usados para la conexión eléctrica de células solares de un módulo de células solares son calentados fuertemente por la potencia transformada en los diodos de derivación, lo cual es un inconveniente por varios aspectos.

50 En el documento WO 03/098703 A2 está descrita una disposición de conmutación para el control o la regulación de instalaciones fotovoltaicas que comprenden una pluralidad de generadores solares conectados en serie y/o en paralelo. Para evitar pérdidas de potencia de los generadores solares por el hecho de que no todos los generadores solares funcionen con su máximo de potencia, cada generador solar tiene asignada una derivación de energía variable, que se controla o regula de tal modo que cada generador solar se hace funcionar continuamente en su máximo de potencia respectivamente actual, específico.

55

Además, por el documento DE 199 04 561 C1 se conoce un control del punto de máxima potencia (Maximum-Power-Point) de generadores solares, en el que se usa un sensor eléctricamente aislado del generador solar. Se determina de forma casi continua la curva característica de corriente del sensor, a partir de la curva característica de corriente se calcula la curva característica de potencia y a partir del máximo de ésta se deriva de forma casi continua la magnitud de regulación para el convertidor. El sensor es un módulo solar del mismo tipo y lote del que son los módulos solares que forman el generador solar.

Finalmente, en el documento US 6,225,793 B1 está descrita una disposición de conmutación para la generación de corriente con células solares, estando conectadas las células solares en serie, en cadenas de respectivamente varias células. Está conectado en paralelo un diodo de derivación con cada cadena y están conectados en paralelo otros diodos con dos y/o más diodos de derivación de cadenas dispuestas en serie. Con esta disposición debe reducirse el número de diodos que conducen corriente en caso de la desconexión de cualquiera de las cadenas.

La invención tiene el objetivo de indicar un circuito de protección de este tipo para la conexión eléctrica con células solares de un módulo de células solares que se calienta sólo poco en el servicio.

El objetivo anteriormente indicado se consigue gracias a los objetos de las reivindicaciones independientes.

Por lo tanto, según la invención está previsto que para evitar los problemas arriba descritos, relacionados con células solares parcialmente sombreadas se usa como dispositivo de protección una disposición de conmutación electrónica controlada, de modo que puede reducirse o evitarse del todo el uso de diodos de derivación. Gracias a sustituir los diodos de derivación por disposición de conmutación electrónica controlada, que tiene sustancialmente un efecto funcional igual que los diodos de derivación, puede conseguirse una reducción del calentamiento del circuito, como se explicará más adelante.

El efecto funcional igual al de los diodos de derivación conocidos por el estado de la técnica puede conseguirse de distintas formas. Según la invención está previsto que la disposición de conmutación electrónica controlada presente un circuito de mando y un dispositivo de conmutación que puede ser mandado por el circuito de mando, estando conectado el dispositivo de conmutación en paralelo con al menos una célula solar, preferiblemente en paralelo con una cadena de células solares y, en caso de un sombreado de una de las células solares con las que está conectado en paralelo, queda desconectado al menos temporalmente por el circuito de mando, de modo que se consigue una derivación de corriente para la célula solar sombreada.

Unos dispositivos de conmutación correspondientes pueden realizarse de distintas maneras. No obstante, según una configuración de la invención está previsto que el dispositivo de conmutación presente dos elementos de conmutación eléctricos o electrónicos conectados en serie y mandados por el circuito de mando. Según la invención, aquí está previsto que como elementos de conmutación estén previstos dos transistores con polos opuestos, preferiblemente dos MOSFETs. Además, es válido que según una variante preferible de la invención está previsto que la alimentación de corriente del circuito de mando se realice mediante la corriente generada por las células solares no sombreadas del módulo de células solares, estando previsto según una variante preferible de la invención en particular que el circuito de mando esté provisto de un condensador acumulador.

Como alternativa, según la invención está previsto que como dispositivo de protección esté prevista una disposición de conmutación electrónica controlada, que presente para al menos una cadena de células solares al menos un transistor y al menos un convertidor CC/CC conectado en paralelo, que está conectado con un circuito de mando a través de un acumulador de energía. En una realización de este tipo es especialmente ventajoso que el dispositivo de protección presente pocos MOSFETs económicos que ocupan poco espacio, porque con ayuda de un transformador de tensión se genera ya a partir de la tensión de flujo baja del diodo parásito del MOSFET la tensión que es necesaria para el mando de éste.

Además, es especialmente ventajoso que la transformación de tensión se realice mediante la integración de un dispositivo de protección en al menos dos cadenas de células solares de un módulo de células solares. Así, por un lado, es posible que el dispositivo de protección sea alimentado suficientemente de forma alternativa a partir de la tensión conectada a un MOSFET, porque existen varios MOSFETs. Por otro lado, en caso de un sombreado de todas las células solares que pertenecen a una cadena puede obtenerse una tensión suficiente a partir de la suma de las tensiones de flujo de los diodos parásitos de los MOSFETs, para usarla para la transformación y el mando de los MOSFETs. Además, es ventajoso que la tensión máxima que se produce en la dirección hacia atrás quede limitada para cada dispositivo de protección a la tensión de flujo de un diodo de silicio, lo cual minimiza el riesgo de un fallo completo de la alimentación en caso de una iluminación insuficiente de las células solares que aún estén en servicio, p.ej. en caso de una luz difusa.

Finalmente, en todas las configuraciones anteriormente indicadas de circuitos de protección para células solares de un módulo de células solares según un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, está previsto que se use un elemento de protección contra sobretensiones, para proteger el circuito de protección, así como las células solares contra sobretensiones, por ejemplo en caso de un rayo cercano.

Concretamente, existe ahora una multitud de posibilidades para configurar y modificar los circuitos de protección según la invención. Para ello se remite a las reivindicaciones subordinadas, así como a la descripción detallada expuesta a continuación de un ejemplo de realización preferible de la invención. En el dibujo muestran:

- La figura 1 una representación esquemática de un circuito de protección según un primer ejemplo de realización preferible de la invención;
- la figura 2 la estructura del circuito de mando de la figura 1 de una forma más detallada;
- 5 la figura 3 una representación esquemática de un circuito de protección según un segundo ejemplo de realización preferible;
- la figura 4 una representación esquemática de un circuito de protección según un tercer ejemplo de realización preferible;
- la figura 5 la estructura de un convertidor CC/CC de las figuras 3 ó 4 de una forma más detallada;
- la figura 6 la estructura de un circuito de mando de las figuras 3 ó 4 de una forma más detallada.

10 La Figura 1 muestra una célula solar 1, que presenta una pluralidad de cadenas 2 conectadas en serie, que están formadas a su vez por varias células solares también conectadas en serie, ya no detalladamente representadas. La previsión de tres cadenas 2 para el módulo de células solares 1 se indica sólo a título de ejemplo. También se muestra a título de ejemplo la protección mediante un circuito de protección según un ejemplo de realización preferible de la invención para sólo una cadena 2. Naturalmente puede estar prevista una protección correspondiente para cada cadena.

15 Como ya se ha explicado anteriormente, el objetivo es indicar un circuito de protección de este tipo, que garantice que en caso de un sombreado de la cadena protegida con el mismo se consiga una derivación de corriente para esta cadena sombreada, de modo que, por un lado, el módulo de células solares 1 siga listo para el servicio, es decir, suministre corriente y que, por otro lado, se impida un daño de la cadena 2 sombreada. Para ello, el circuito de protección presenta una disposición de conmutación electrónica controlada 3, que dispone de un circuito de mando 4, así como de un dispositivo de conmutación 5.

20 El dispositivo de conmutación 5 está formado por dos elementos de conmutación, es decir, de dos MOSFETs 6, 7 con polos opuestos, que pueden ser mandados por el circuito de mando 4. Por lo demás, para el circuito de mando 4 está previsto un condensador acumulador 8, de modo que en caso de un sombreado de la cadena 2 protegida por el circuito de protección es posible la siguiente secuencia:

25 En caso de un sombreado de la cadena 2 protegida siguiendo iluminada la cadena 2 restante del módulo de células solares 1, se establece una tensión mediante el MOSFET 7 inferior, que tiene un efecto de bloqueo debido al diodo parásito del MOSFET 6 superior. El circuito de mando 4 está concebido ahora de tal modo que limita esta tensión mediante desconexión parcial al menos del MOSFET 7 a aprox. 20 V, de modo que se evita un daño de la cadena 2 protegida. En esta fase, el condensador acumulador 8 se carga con limitación de la corriente a partir de la tensión conectada al MOSFET 7. En cuanto el condensador acumulador 8 se haya cargado a aprox. 15 V, los MOSFETs 6, 7 se desconectan completamente, por lo que decae completamente la tensión conectada a los MOSFETs 6, 7. Desde la aparición de la tensión en estado de no conducción inicial hasta este momento en el que decae completamente la tensión sólo pasan pocos microsegundos.

30 Debido al consumo propio de corriente del circuito de mando 4, la tensión conectada al condensador acumulador 8 y a las compuertas de los MOSFETs 6, 7 baja lentamente. En cuanto haya quedado por debajo de una tensión con la que ya no quede garantizada una desconexión completa de los MOSFETs 6, 7, el circuito de mando 4 desconecta al menos el MOSFET 7. A continuación, se establece una tensión mediante el MOSFET 7, que vuelve a limitarse de la forma arriba descrita. La fase de conducción de los MOSFETs 6, 7 dura varias décimas de milisegundos. Debido a la fase de no conducción con tensión limitada muy corta en comparación con la fase de conducción, las potencias perdidas momentáneamente elevadas en los MOSFETs 6, 7 durante las fases de no conducción apenas tienen importancia en comparación con las pérdidas en las fases de conducción, de modo que se consiguen en conjunto pérdidas claramente menores a las de un diodo Schottky.

35 El circuito de mando 4 sigue estando concebido de tal modo que en caso de estar iluminada la cadena 2 protegida con el mismo no es alimentada, de modo que los MOSFETs 6, 7 pasan al estado de no conducción. Por lo tanto, no se producen pérdidas por la disposición de conmutación electrónica controlada 3, aparte de las corrientes bajas en estado de no conducción de los MOSFETs 6, 7, de modo que las pérdidas totales en la práctica están incluso por debajo de las de los diodos Schottky. Además, en el circuito de protección anteriormente descrito, es esencial según un ejemplo de realización preferible de la invención que la disposición de conmutación electrónica controlada sea alimentada en la fase de estado de no conducción con tensión limitada a partir de las cadenas 2 restantes, aún iluminadas, de modo que no es necesaria una alimentación externa.

40 Para permitir la funcionalidad arriba indicada, el circuito de mando 4 presenta sustancialmente un disparador de Schmitt, que es alimentado por el dren del MOSFET 7. Este disparador de Schmitt hace que los MOSFETs 6, 7 sólo se desconecten cuando esté conectada una tensión al condensador 8. La relación duración/período resulta de la histéresis del disparador de Schmitt y del consumo propio de corriente de la disposición de conmutación 3 en combinación con la capacidad del condensador 8.

El circuito de mando 4 puede realizarse de forma especialmente sencilla, p.ej. con un IC de supervisión de voltaje, como el MAX6462 de Maxim Integrated Products. Al usarse un IC de supervisión de voltaje de este tipo sólo es necesario un modo de conexión adicional sencillo, que presenta un diodo, que protege el circuito de la tensión de servicio regular polarizada cuando la cadena está iluminada, y una resistencia, que limita la corriente que pasa por este diodo mientras los MOSFETs aún no sean conductores. El diodo en combinación con la resistencia en la salida del circuito de mando 4 limita la tensión conectada a los MOSFETs 6, 7, mientras está estableciéndose la tensión en el condensador 8.

Por lo tanto, el circuito de mando 4 representa en conjunto sustancialmente un circuito comprador, que concretamente puede presentar la estructura mostrada en la figura 2. Este circuito representa sustancialmente una reproducción discreta del IC de supervisión de voltaje anteriormente indicado con el modo de conexión adicional también anteriormente mencionado.

A continuación, se describirán un segundo y un tercer ejemplo de realización preferible de la invención, que presentan uno o dos convertidores CC/CC.

Como se ve en las figuras 3 y 4, un módulo de células solares presenta habitualmente varias cadenas A, B, ..., X conectadas en serie, que tienen asignada al menos una disposición de conmutación 100 como dispositivo de protección. En el presente caso, sólo las cadenas A, B están representadas explícitamente, mientras que la cadena X sólo está esbozada con puntos y debe representar que en principio pueden estar conectadas en serie un número de cadenas a elegir libremente. Cada cadena A – X está formada por varias células solares 1 – n conectadas en serie.

Como se ve en particular en la figura 3, según el segundo ejemplo de realización preferible de la invención, la disposición de conmutación presenta para cada cadena A – X como dispositivo de protección un MOSFET 10 y un convertidor CC/CC 20, que está conectado mediante un acumulador de energía 30 con un circuito de mando 40. Como ya se ha descrito anteriormente, un MOSFET 10 está dispuesto respectivamente en paralelo a una cadena A – X y está conectado mediante su compuerta con el circuito de mando 40. Todas las cadenas A – X están unidas en un módulo de células solares y están asignadas a un convertidor CV.

Como puede verse en particular en la Figura 4, según el tercer ejemplo de realización preferible de la invención están asignadas respectivamente dos de las cadenas A – X, es decir, respectivamente las dos cadenas A y B, así como C y D de forma conjunta a un dispositivo de protección. Cada fila de células solares A y B o C y D presenta un MOSFET 10 conectado en paralelo. Mediante su compuerta, los dos MOSFETs 10 están conectados respectivamente con un circuito de mando 40 común, realizándose la alimentación del circuito de mando 40 mediante los dos convertidores CC/CC 20 asignados respecto a una cadena A – X, que están conectados en paralelo con la conexión en serie de las cadenas A – X, estando asignado un acumulador de energía 30 a uno de los convertidores CC/CC 20. De este modo, por un lado es posible que el dispositivo de protección común para dos de las cadenas A – X sea alimentado suficientemente de forma alternativa con la tensión conectada a un MOSFET 10, porque están previstos dos MOSFETs 10 para cada dispositivo de protección. Por otro lado, en caso de un sombreado de todas las cadenas que pertenecen a un dispositivo de protección puede obtenerse de la suma de las tensiones de flujo de los diodos parásitos de los MOSFETs 10 una tensión suficiente para usarla para la conversión y el mando de los MOSFETs 10. Aquí, todas las cadenas A – X están reunidas formando un módulo de células solares y están asignadas a un convertidor CV.

En la figura 5 puede verse ahora como puede estar realizado detalladamente el convertidor CC/CC 20 de la figura 3. El convertidor CC/CC 20, que transforma la tensión que se genera en caso de un sombreado de una cadena A – X en el diodo interno del MOSFET 10 en una tensión adecuada para el mando del MOSFET 10, debe trabajar con tensiones de entrada inferiores a 0,7 V, para garantizar la función de derivación. Para este fin puede servir, p.ej., un oscilador Meissner que contiene un transistor de germanio 50, cuyo transformador comprende un tercer arrollamiento. Respecto al oscilador Meissner se remite al manual de U. Tietze y Ch. Schenk "Halbleiter-Schaltungstechnik", 9ª edición, pág. 461 y siguientes. Mediante el tercer arrollamiento del transformador y una rectificación de media onda puede tomarse mediante la elección de la relación de transmisión un mando suficientemente grande para el MOSFET 10. Un diodo de silicio 60 dispuesto en antiparalelo respecto al trayecto de base-emisor del transistor 50 sirve para la protección del transistor 50 contra la tensión de entrada inversa conectada cuando está iluminada la cadena A – X.

En el caso más sencillo, el circuito de mando 40 está formado sustancialmente por un disparador de Schmitt que, al sobrepasarse una tensión umbral determinada, conecta a esta tensión a través del condensador 30 a la compuerta del MOSFET 10 y que en caso de quedar el valor por debajo de esta tensión umbral descarga la compuerta lo que corresponde a un valor determinado por la histéresis. El disparador de Schmitt hace que el MOSFET 10 sólo se desconecte cuando al condensador 30 está conectada una tensión superior a la tensión umbral del MOSFET 10. La relación duración/periodo resulta de la histéresis del disparador de Schmitt y del consumo propio de corriente del circuito en conjunto en relación con la capacidad del condensador 30.

De forma similar al circuito de mando 4 descrito anteriormente en relación con la figura 1, en el ejemplo de realización preferible descrito aquí de la invención, el disparador de Schmitt puede realizarse de forma especialmente sencilla con un IC de supervisión de voltaje, como el MAX6462 de Maxim Integrated Products anteriormente mencionado. Por lo demás, aquí es válido que al igual que en el ejemplo de realización preferible anteriormente descrito de la invención se consiguen circuitos de disparadores de Schmitt adecuados, en particular, mediante el uso de MOSFETs de nivel lógico. En la figura 6 puede verse ahora detalladamente un ejemplo de un circuito de mando 40, como corresponde prácticamente a una

reproducción discreta de un IC de supervisión de voltaje.

El resultado es que gracias a la invención se ponen a disposición circuitos de protección para células solares de un módulo de células solares, que pueden usarse de una forma igual de sencilla que un circuito de protección con diodos de derivación presentando, no obstante, potencias perdidas sustancialmente inferiores, de modo que pueden asegurarse corrientes sustancialmente más elevadas.

5

REIVINDICACIONES

1. Circuito de protección para la conexión eléctrica de al menos una célula solar de un módulo de células solares (1), con un dispositivo de protección que presenta una disposición de conmutación electrónica controlada (3, 100), presentando la disposición de conmutación electrónica controlada (3, 100) un circuito de mando (4, 40) y un dispositivo de conmutación (5, 10) que puede ser mandado por el circuito de mando (4, 40), estando conectado el dispositivo de conmutación (5, 10) en paralelo con al menos una célula solar y desconectándose en caso de un sombreado de la célula solar al menos temporalmente mediante el circuito de mando (4, 40), de modo que se consigue una derivación de corriente para la célula solar sombreada, **caracterizado porque** el dispositivo de protección actúa en el caso de la célula solar sombreada como derivación de corriente paralela a la célula solar sombreada para la célula solar sombreada, porque el dispositivo de conmutación (5) presenta dos elementos de conmutación (6, 7) eléctricos o electrónicos conectados en serie y mandados por el circuito de mando (4) y porque como elementos de conmutación (6, 7) están previstos dos transistores de polos opuestos.
2. Circuito de protección según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los transistores de polos opuestos son MOSFETs.
3. Circuito de protección para la conexión eléctrica de al menos una célula solar de un módulo de células solares (1), con un dispositivo de protección que presenta una disposición de conmutación electrónica controlada (3, 100), presentando la disposición de conmutación electrónica controlada (3, 100) un circuito de mando (4, 40) y un dispositivo de conmutación (5, 10) que puede ser mandado por el circuito de mando (4, 40), estando conectado el dispositivo de conmutación (5, 10) en paralelo con al menos una célula solar y desconectándose en caso de un sombreado de la célula solar al menos temporalmente mediante el circuito de mando (4, 40), de modo que se consigue una derivación de corriente para la célula solar sombreada, **caracterizado porque** el dispositivo de protección actúa en el caso de la célula solar sombreada como derivación de corriente paralela a la célula solar sombreada para la célula solar sombreada y porque el dispositivo de conmutación (5) presenta al menos un transistor (10) y al menos un convertidor CC/CC (20) conectado en paralelo al mismo, que está conectado con el circuito de mando (40) mediante un acumulador de energía (30).
4. Circuito de protección según la reivindicación 3, **caracterizado porque** como transistor (10) está previsto un MOSFET.
5. Circuito de protección según la reivindicación 3 ó 4, **caracterizado porque** un dispositivo de protección está asignado a varias cadenas (A-X) de células solares de forma conjunta, presentando este dispositivo de protección por cadena (A – X) un transistor (10) conectado en paralelo, que están conectados mediante su compuerta correspondiente respectivamente con un circuito de mando (40).
6. Circuito de protección según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la alimentación del circuito de mando (40) de cada cadena (A – X) se realiza mediante un convertidor CC/CC (20) correspondiente, estando conectados en paralelo los convertidores CC/CC (20) de la conexión en serie de las cadenas (A – X).
7. Circuito de protección según la reivindicación 6, **caracterizado porque** al menos uno de los convertidores CC/CC (20) tiene asignado un acumulador de energía (30).
8. Circuito de protección según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el circuito de mando (40) de la disposición de conmutación electrónica presenta un microcontrolador.
9. Circuito de protección según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la alimentación de corriente del circuito de mando (4) se realiza mediante la corriente generada por las células solares no sombreadas del módulo de células solares (1).
10. Circuito de protección según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** para el circuito de mando (40) está previsto un condensador acumulador (8, 30).

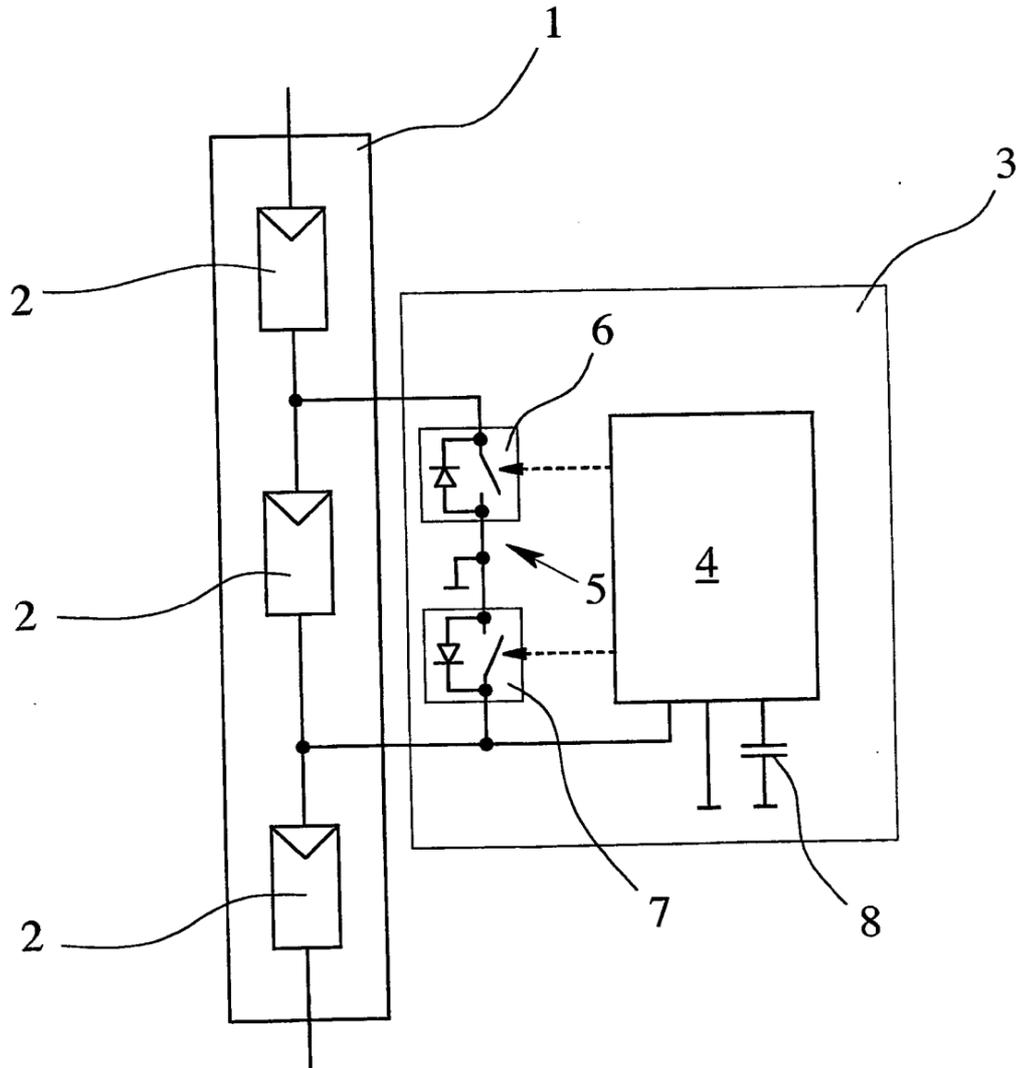


Fig. 1

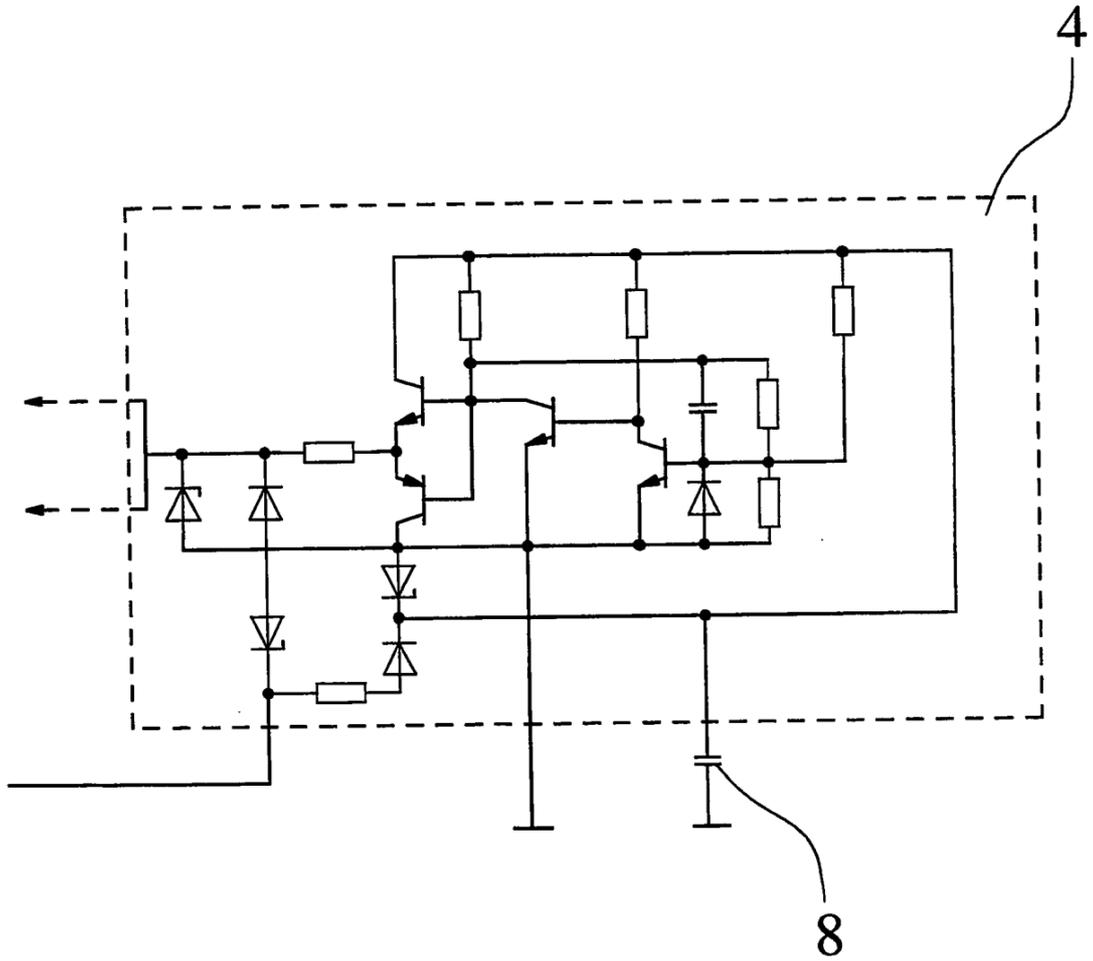


Fig. 2

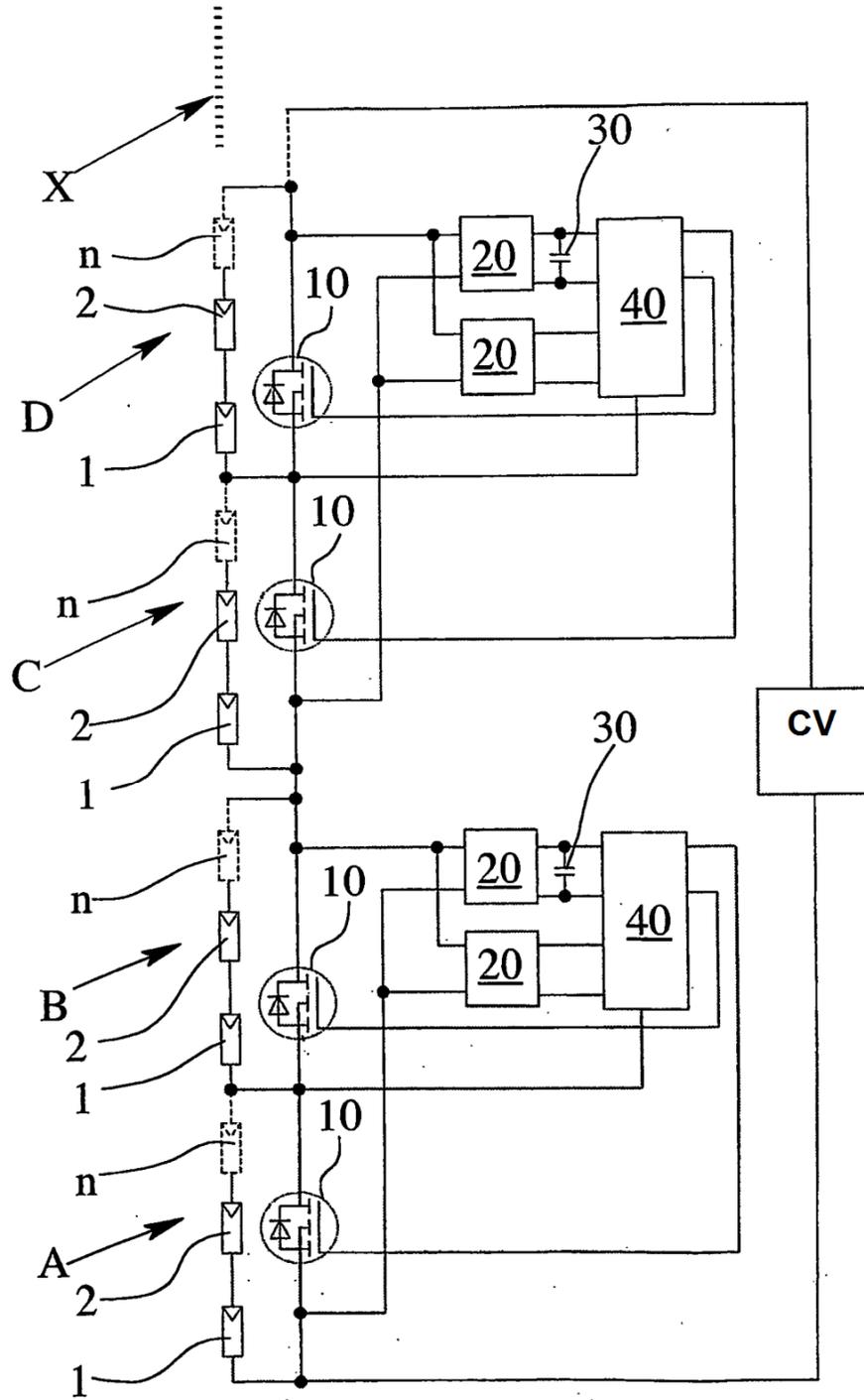


Fig. 4

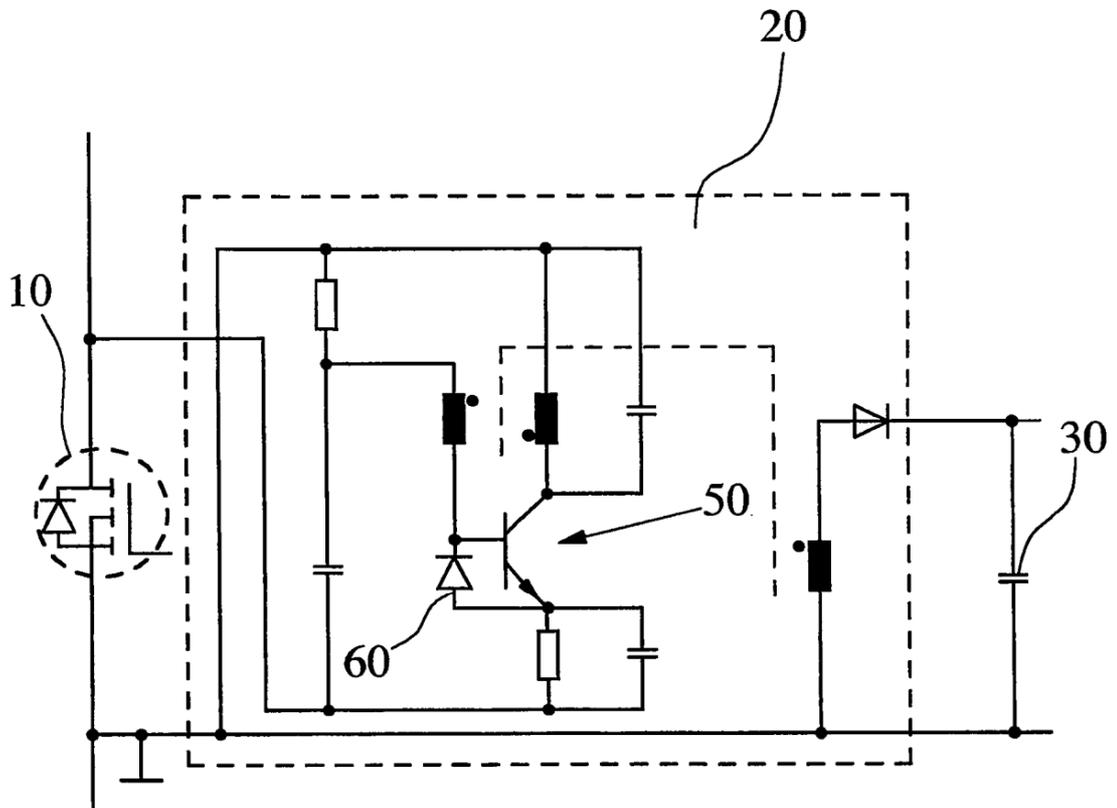


Fig. 5

