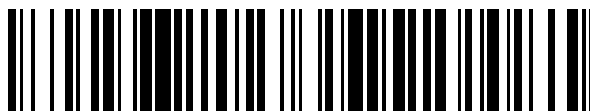


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 670**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H01L 31/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2011** **E 11000852 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018** **EP 2367253**

54 Título: **Campos fotovoltaicos, en parte con interruptor para la puesta en cortocircuito de módulos**

30 Prioridad:

24.02.2010 DE 102010009120

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

11.07.2018

73 Titular/es:

**ADENSIS GMBH (100.0%)
Industriestrasse 65
01129 Dresden, DE**

72 Inventor/es:

BECK, BERNHARD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 675 670 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

Campos fotovoltaicos, en parte con interruptor para la puesta en cortocircuito de módulos

La invención se refiere a un generador fotovoltaico con múltiples campos conectados en paralelo, en donde cada campo se compone de varios ramales conectados en paralelo (S) de módulos fotovoltaicos (M) conectados en serie.

5 Tales instalaciones fotovoltaicas son ampliamente conocidas. Por regla general, estas instalaciones están
 10 construidas de tal modo que se conectan múltiples ramales en paralelo. El número máximo de ramales depende, a
 este respecto, de la potencia del convertidor al que estén conectados los ramales. Los convertidores modernos
 pueden estar diseñados para hasta una tensión continua de entrada de aproximadamente 900 voltios. En la
 actualidad es habitual construir cada ramal de la instalación a partir de ocho módulos fotovoltaicos, de los cuales
 cada uno presenta 60 células fotovoltaicas. En total están conectadas, por tanto, 480 células entre sí en serie. A
 cada célula se le aplica, en el modo en vacío, una tensión de 1,5 voltios, lo que conduce a una tensión de ramal de
 720 voltios, lo que se sitúa claramente por debajo de la tensión máxima de 1000 voltios indicada por los fabricantes
 de los módulos. Si se aplica una tensión superior, esto puede provocar una destrucción de los módulos y de toda la
 instalación.

15 Durante el funcionamiento de la instalación, la tensión en vacío de las células cae a una tensión de funcionamiento
 de aproximadamente 1 a 1,1 voltios, de modo que entre los extremos de los ramales convencionales hay una
 tensión de entre 480 voltios y 510 voltios. En el ejemplo de las figuras que siguen más adelante, se parte por
 motivos de claridad de una tensión de funcionamiento de 1 voltio por célula, es decir una tensión de 60 voltios a lo
 largo de un módulo fotovoltaico individual con 60 células. Si el operador de red, al que está conectada la instalación
 20 fotovoltaica, tuviera que sacarla de la red por el motivo que fuera (p. ej. cortocircuito en el cable de alimentación), la
 tensión saltaría hasta los mencionados 720 voltios, lo cual no es crítico para los módulos ni para la instalación.

Por otro lado sería deseable hacer funcionar los módulos fotovoltaicos y también el convertidor, durante el
 funcionamiento normal, a una tensión superior a 480 - 510 voltios, de manera ideal a la máxima tensión admisible de
 1000 voltios. Sin embargo, esto no es posible porque entonces, en el modo en vacío, una tensión de
 25 aproximadamente 1500 voltios provocaría la destrucción de los módulos fotovoltaicos y del convertidor y la
 instalación.

Por el documento US 2008/147335 A1 se conoce un generador fotovoltaico con las características del preámbulo de
 la reivindicación 1. El documento trata de la supervisión y control del generador fotovoltaico con ayuda de múltiples
 valores de funcionamiento determinados de unidades de generador individuales.

30 Por el documento DE 10 2006 060 815 A1 se conoce un generador fotovoltaico en el que cada módulo fotovoltaico
 montado está provisto de un interruptor de cortocircuito asociado propio. Los interruptores se activan a través de una
 señal de liberación. El objetivo es, por ejemplo en caso de que se detecte un incendio, desconectar el generador
 fotovoltaico, o en trabajos de revisión, permitir una comprobación de módulos individuales.

35 Para el funcionamiento de la instalación fotovoltaica con una tensión de funcionamiento superior, por el documento
 DE 3041078 se conoce utilizar un interruptor de cortocircuito que pone en cortocircuito una parte de los módulos en
 caso de que se produzca una sobretensión.

Sin embargo, esta medida está asociada, en el caso de una instalación grande con cientos de campos, a un elevado
 esfuerzo de cableado y de conmutación. Los campos se sitúan en parte a algunos cientos de metros de distancia
 unos de otros y existe una necesidad adicional de varios kilómetros de cable, que tienen que tenderse y conectarse.

40 La invención se basa, por tanto, en el objetivo de proteger una gran instalación fotovoltaica con un consumo de
 potencia reducido frente a la sobretensión en caso de ausencia de alimentación de corriente alterna.

Este objetivo se consigue, de acuerdo con la invención, por que una parte de los módulos fotovoltaicos (M) de un
 ramal (S) pueden ponerse en cortocircuito a través de un interruptor de cortocircuito (15), cuya activación se produce
 en caso de superarse un valor de tensión predefinido a lo largo del ramal (5), y por que solo en una parte de los
 45 campos está previsto el interruptor de cortocircuito (15). Así, solo los campos situados cerca con respecto al
 convertidor y el control tienen que estar provistos del interruptor de cortocircuito, lo que conduce a un ahorro
 considerable de cables. Gracias a la reducción de la tensión en uno o varios campos se reduce el potencial de los
 otros campos, que se encuentran en la conexión en paralelo, hasta un valor de tensión soportable para el
 convertidor.

50 Otras ventajas y particularidades de la invención se desprenden de la descripción de un ejemplo de realización con
 ayuda de las figuras. Muestran:

la figura 1 una representación esquemática de un generador fotovoltaico convencional con ocho módulos por cada
 ramal;

la figura 1a un módulo conocido con 60 células fotovoltaicas;

la figura 2 una representación esquemática de un ramal con 16 módulos;

la figura 3 un diagrama del modo de funcionamiento de un regulador MPP;

En la figura 1 está representado un generador fotovoltaico 1 habitual en el mercado, que se compone de una cantidad de ramales S conectados en paralelo, que se componen a su vez de una cantidad de, en el ejemplo de realización mostrado ocho, módulos fotovoltaicos M conectados en serie. Cada módulo fotovoltaico M presenta células fotovoltaicas 7 conectadas en serie, tal como puede verse en la figura 1. Es habitual para un módulo fotovoltaico M, por ejemplo, el uso de 60 células por cada 1,5 voltios de tensión en vacío o también 130 células para en cada caso aproximadamente 0,69 voltios. En ambos casos se obtiene una tensión producida en vacío de aproximadamente 90 voltios a lo largo del módulo M, en el caso de ocho módulos por tanto aproximadamente 720 voltios. En funcionamiento, esta tensión cae hasta aproximadamente 60 a 65 voltios, de modo que se obtiene una tensión de ramal U_{ramal} de 480 a 510 voltios.

Los ramales S conectados en paralelo están puestos por sus extremos en la entrada 9 de un convertidor 11, cuya salida 13 alimenta la corriente generada, por ejemplo, a una red.

La tensión en vacío de 720 voltios se sitúa claramente por debajo del límite admisible actualmente de 1000 voltios, que indican los fabricantes de módulos fotovoltaicos como límite superior para su producto. En funcionamiento se alcanza, de manera correspondiente, una distancia de seguridad todavía mayor hasta los 1000 voltios. En las instalaciones conocidas de este tipo sería deseable aprovechar totalmente la tensión máxima admisible de 1000 voltios, con el fin de mantener pequeña la sección transversal de los cables que han de tenderse. Para esto sirve la instalación fotovoltaica 1 según la figura 2. En la misma se muestra un único ramal S con, esta vez, 16 módulos fotovoltaicos M, que está conectado en paralelo junto con otros ramales, no mostrados, y que se dirige hasta la entrada 9 del convertidor 11. En el ejemplo de realización mostrado, el ramal S presenta el doble de módulos M, es decir 16 unidades, de los cuales cada uno está construido conforme a la figura 1a. De ello se deriva una tensión en vacío inadmisiblemente alta de 1440 voltios a lo largo del ramal S, pero una tensión de funcionamiento admisiblemente alta de 960 a 1020 voltios, aplicada a uno de los módulos M y a la entrada 9 del convertidor 11. Superar en 20 voltios la admisibilidad se considera a este respecto tolerable.

Para evitar, en caso de seccionamiento de la red, una destrucción del convertidor 11 y del módulo M, está previsto un interruptor de cortocircuito 15. El interruptor 15 está posicionado de tal modo que pone en cortocircuito entre una décima parte, en particular entre una cuarta parte y la mitad de los módulos M. El control del interruptor 15 se efectúa por un detector de valor límite (no mostrado), el cual determina si la tensión a lo largo del ramal S supera el valor predefinible, en este caso en el ejemplo, 1000 voltios.

A continuación se explica, con ayuda de las figuras 3 y 4, otra ventaja esencial en el funcionamiento diario del generador fotovoltaico 1 de acuerdo con la invención. En la figura 3 está representada la evolución de la corriente generada I con respecto a la tensión U aparejada de una instalación fotovoltaica 1 típica. Esta curva corriente/tensión 17 se mantiene, por medio de un regulador MPP (*maximum power point*, punto de potencia máximo) en un punto en el que hay una potencia máxima. Esta potencia máxima es el producto del IMPP y del UMPP y se corresponde con el área marcada mediante sombreado, que ocupa en este caso una superficie máxima. El regulador MPP regula sobre la curva 17 a lo largo de la doble flecha 19 y cumple la función de llevar la instalación fotovoltaica al MPP. Este punto varía constantemente en función de la posición del sol, la nubosidad, la contaminación atmosférica y similares.

Debido al elevado número de módulos M incorporados en un ramal S, el regulador MPP podría superar el valor máximo admisible de la tensión de funcionamiento. Esto se evita ampliando el algoritmo de regulación añadiendo la condición de que el valor de tensión predefinido (en este caso, en el ejemplo, 1000 voltios) no pueda superarse. Esta condición es prioritaria frente al hecho de alcanzar un punto de potencia óptimo MPP. Ventajosamente, en el regulador MPP se prevé una salida que se encarga de un cierre del interruptor 15 en caso de que esta condición se infringiera por el motivo que fuera.

En la figura 4 está representada una evolución típica de la tensión aplicada al ramal S al arrancar por la mañana la instalación 1. La curva 21 muestra, a este respecto, la evolución ficticia de la tensión a lo largo del día en el modo en vacío y la curva 21a en el modo en funcionamiento con el convertidor 11 conectado después de que este se haya conectado al alcanzarse la tensión de ramal máxima admisible de 1000 voltios, a fin de alimentar la energía generada a la red a través de los terminales de salida 13. A este respecto, la curva 21a sigue, hasta el momento de la conexión del convertidor, el mismo trazado que la curva en vacío 21. La curva 21 tiende, en el caso del uso a modo de ejemplo de 16 módulos M por cada ramal S, hacia la tensión en vacío de aproximadamente 1440 voltios. De manera correspondiente, la curva 21a se dirige, bajo carga, hacia la tensión de funcionamiento de 960 voltios (que corresponde a 16 veces 60 voltios). En el diagrama de la figura 4 se muestra, además, aún otra curva 23 realizada mediante una línea de puntos y rayas, que muestra la evolución de la tensión en vacío con el interruptor 15 cerrado, es decir con los, en el ejemplo, cinco módulos M puenteados. Esta curva 23, hasta que se conecta el convertidor 11, se dirige hacia la tensión en vacío de los once módulos M activos restantes, conectados en serie, es decir hacia aproximadamente 990 voltios (que corresponde a 11 veces 90 voltios).

5 En el arranque por la mañana, sin módulos M en cortocircuito, se obtendría la evolución según la curva 21 y se alcanzarían los 1000 voltios del valor de tensión admisible superior aproximadamente a las 8:15 horas. Puesto que la potencia requerida como mínimo de 1 KW para la conexión del convertidor 11 todavía no se ha alcanzado, la tensión se desploma y tiene que volver a acumularse partiendo desde cero tal como ilustra la evolución de la curva 21a a partir de las 8:15 horas. La potencia requerida como mínimo depende del convertidor 11 empleado y puede ascender, en el caso de una gran instalación de 2,5 megavatios, a aproximadamente 15 KW. También se requiere una cierta tensión en vacío para que pueda tener lugar un acoplamiento estable del convertidor 11 a la red. En el ejemplo de realización mostrado en la figura 4 se asume, en caso de presencia de 11 módulos M, que los criterios de conexión se alcanzan con una tensión de ramal U_{ramal} de 700 voltios.

10 Aquí es cuando se utiliza el interruptor de cortocircuito 15, que al comienzo del arranque de la instalación está encendido, es decir cerrado. La instalación fotovoltaica funciona con once módulos M por cada ramal S sobre la línea 23 de puntos y rayas y alcanza hacia las 9:00 horas un punto de potencia 25, en el que se ha alcanzado la potencia mínima necesaria de 1 KW para la conexión estable a la red. En ese momento, la tensión de ramal U_{ramal} asciende a 700 voltios. A partir de ese momento se abre el interruptor 15, lo que tiene como consecuencia una breve caída de la tensión, lo cual está simbolizado mediante los picos dentro del círculo de la representación ampliada a modo de lupa, puesto que el regulador MPP no puede compensar esta situación de manera inmediata. En realidad, los picos duran únicamente unos segundos. El regulador MPP inicia su comportamiento regulador y lleva la tensión U_{ramal} en muy poco tiempo de la curva 23a a un punto 27 sobre una curva de tensión de funcionamiento 21a' para todo el ramal S con todos los dieciséis módulos M. La curva 21a' está representada con rayas cortas y discurre desplazada en paralelo hacia la izquierda con respecto a la curva 21a a partir del punto 27. Desde allí, la curva 21a' tiende a lo largo de lo que queda del día con el sol en lo alto hacia el valor máximo de la tensión de funcionamiento U_{ramal} de 960 voltios. Como resultado se consigue una alimentación de potencia a la red más temprana de lo que sería posible sin el interruptor 15. En el ejemplo mostrado, la alimentación de red empieza a las 8:45 horas, mientras que en el funcionamiento de la instalación fotovoltaica a lo largo de la curva no empezaría hasta las 9:20.

25 Por la noche, al apagar la instalación 1, se repite la operación en orden inverso. La invención ofrece por tanto, además de las secciones transversales de cable más favorables, también la ventaja adicional de un comportamiento de arranque más eficaz en comparación con instalaciones sin interruptor de cortocircuito 15.

30 En la figura 5 se muestra cómo pueden ponerse en cortocircuito seis de los 16 módulos M conjuntamente en todos los ramales S de la instalación fotovoltaica. Para esto sirven los puntos de línea 29 situados después del décimo módulo M, unidos en cada caso entre sí, y guiados después hasta el interruptor de cortocircuito 15.

35 En la figura 6 se muestra la estructura de un generador fotovoltaico de acuerdo con la invención, en el que están previstos $p = 8$ campos F1 a F8 para en cada caso $n = 10$ ramales S1 a S10. El primer campo F5, preferiblemente el que se sitúa más próximo al convertidor 11, está equipado con tres ramales S según la figura 5, en cuyo caso pueden ponerse en cortocircuito cinco módulos M a través del interruptor de cortocircuito 15. En el segundo campo F6 adyacente, todos los ramales S están provistos del interruptor de cortocircuito 15. En el caso de un cortocircuito en el lado de tensión alterna 13 se cierran el o los interruptores de cortocircuito 15 y, cuando no puede registrarse suficiente limitación de tensión en el lado de entrada del convertidor 11, se abren aún unos seccionadores 33 que conectan los campos F a un colector 35 que conduce a la entrada 9 del convertidor 11. Están provistos del interruptor de cortocircuito 15 tantos campos F como posibles corrientes de compensación puedan tolerarse entre 40 los campos de líneas y el colector 35. Si fuera necesaria una reducción adicional de la tensión en la entrada del convertidor 9, porque la mencionada disminución del potencial no fuera suficiente para llegar a una tensión de entrada no peligrosa en el convertidor 11, entonces tendría que reducirse el número de módulos M por ramal S, por ejemplo de 16 a 12.

Lista de referencias

- 45 S ramal
M módulo fotovoltaico
F campo
1 generador fotovoltaico
7 célula fotovoltaica
50 9 entrada del convertidor
11 convertidor
13 salida del convertidor
15 interruptor de cortocircuito
17 curva corriente/tensión

ES 2 675 670 T3

	19	doble flecha
	21	curva en vacío de 16 módulos, línea continua
	21a	curva con carga de 16 módulos, línea de rayas largas
5	21a'	curva con carga a partir de la apertura del interruptor en el punto 27 que corresponde entonces a 16 módulos
	23	evolución de la tensión en vacío hasta la apertura del interruptor, que corresponde a once módulos, línea rayas/puntos hasta el punto de conexión 25
	23a	curva de regulación MPP en el área secundaria entre la apertura del interruptor y hasta que se alcanza la curva con carga 21a', línea de puntos vacíos
10	25	punto de potencia
	27	punto de tensión
	29	punto de línea
	33	seccionador
	35	colector
15		

REIVINDICACIONES

- 5 1. Generador fotovoltaico (1) con múltiples campos conectados en paralelo, en donde cada campo se compone de varios ramales (S) conectados en paralelo de módulos fotovoltaicos (M) conectados en serie, caracterizado por que una parte de los módulos fotovoltaicos (M) de un ramal (S) puede ponerse en cortocircuito a través de un interruptor de cortocircuito (15), cuya activación se produce en caso de superarse un valor de tensión predefinido a lo largo del ramal (5), y por que solo en una parte de los campos está previsto el interruptor de cortocircuito (15).
2. Generador fotovoltaico según la reivindicación 1, caracterizado por que solo está equipado un único campo con el interruptor de cortocircuito.
- 10 3. Generador fotovoltaico según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que los campos pueden sacarse de la conexión en paralelo a través de un seccionador.
4. Generador fotovoltaico según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el interruptor de cortocircuito es un interruptor (15) común para la puesta en cortocircuito de los módulos fotovoltaicos (M) de varios ramales (S) y el interruptor de cortocircuito (15) interrumpe o libera el flujo de corriente a los diversos ramales (S).
- 15 5. Generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el interruptor de cortocircuito (15) está dispuesto de tal modo que la mitad de los módulos fotovoltaicos (M) se ponen en cortocircuito.
6. Generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que al menos dos ramales (S) están equipados con un interruptor de cortocircuito (15) cada uno, los cuales ponen en cortocircuito números diferentes de módulos (M) en los ramales (S).
- 20 7. Generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la señal para la activación del interruptor de cortocircuito (15) se toma de una salida de un regulador para la potencia máxima (regulador MPP).
8. Generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el valor de tensión predefinido se sitúa en el intervalo de 900 voltios a 1200 voltios.
9. Generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que entre una cuarta parte y la mitad de todos los módulos fotovoltaicos (M) pueden ponerse en cortocircuito.
- 25 10. Generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que varios ramales (S) están unidos entre sí por detrás del mismo número de módulos fotovoltaicos (M) y el interruptor (15) pone en cortocircuito todos los módulos fotovoltaicos (M), situados entre una décima parte y la mitad, de todos los diversos ramales al mismo tiempo. (Figura 5)

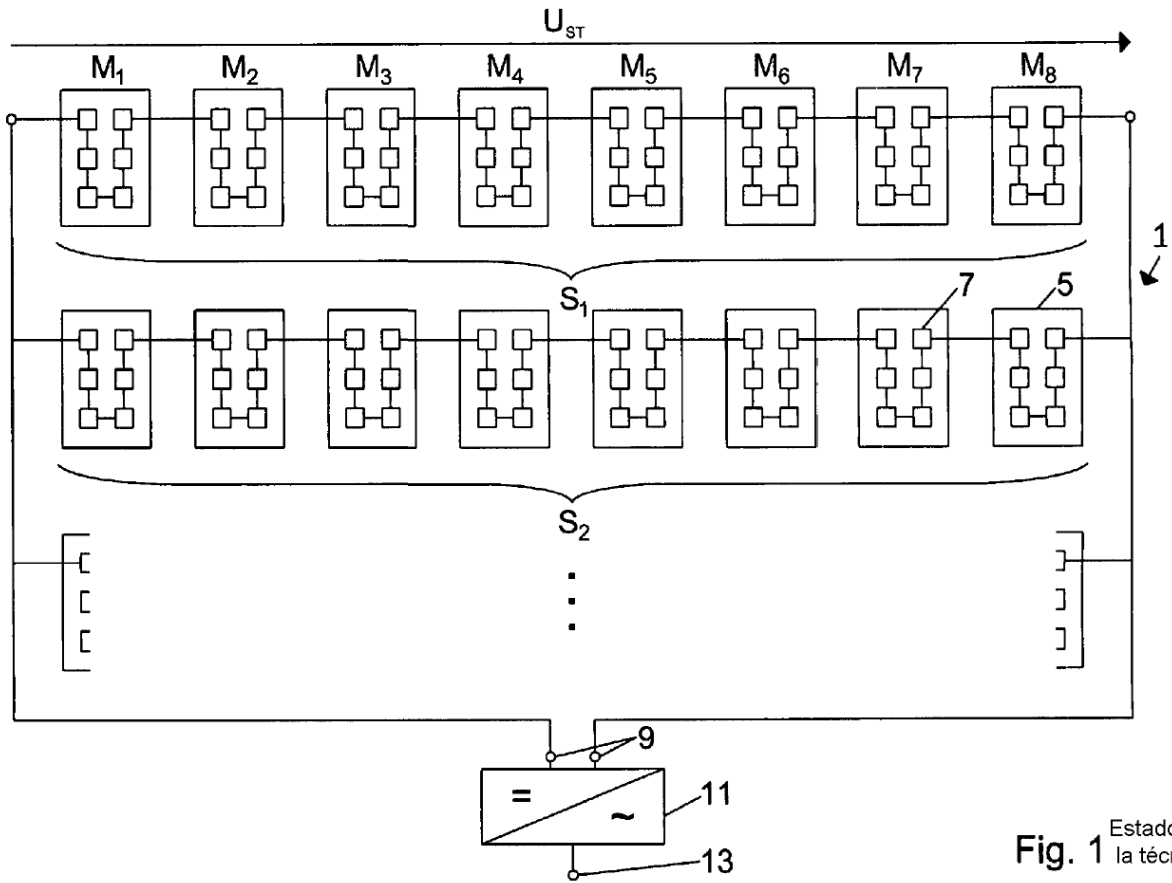
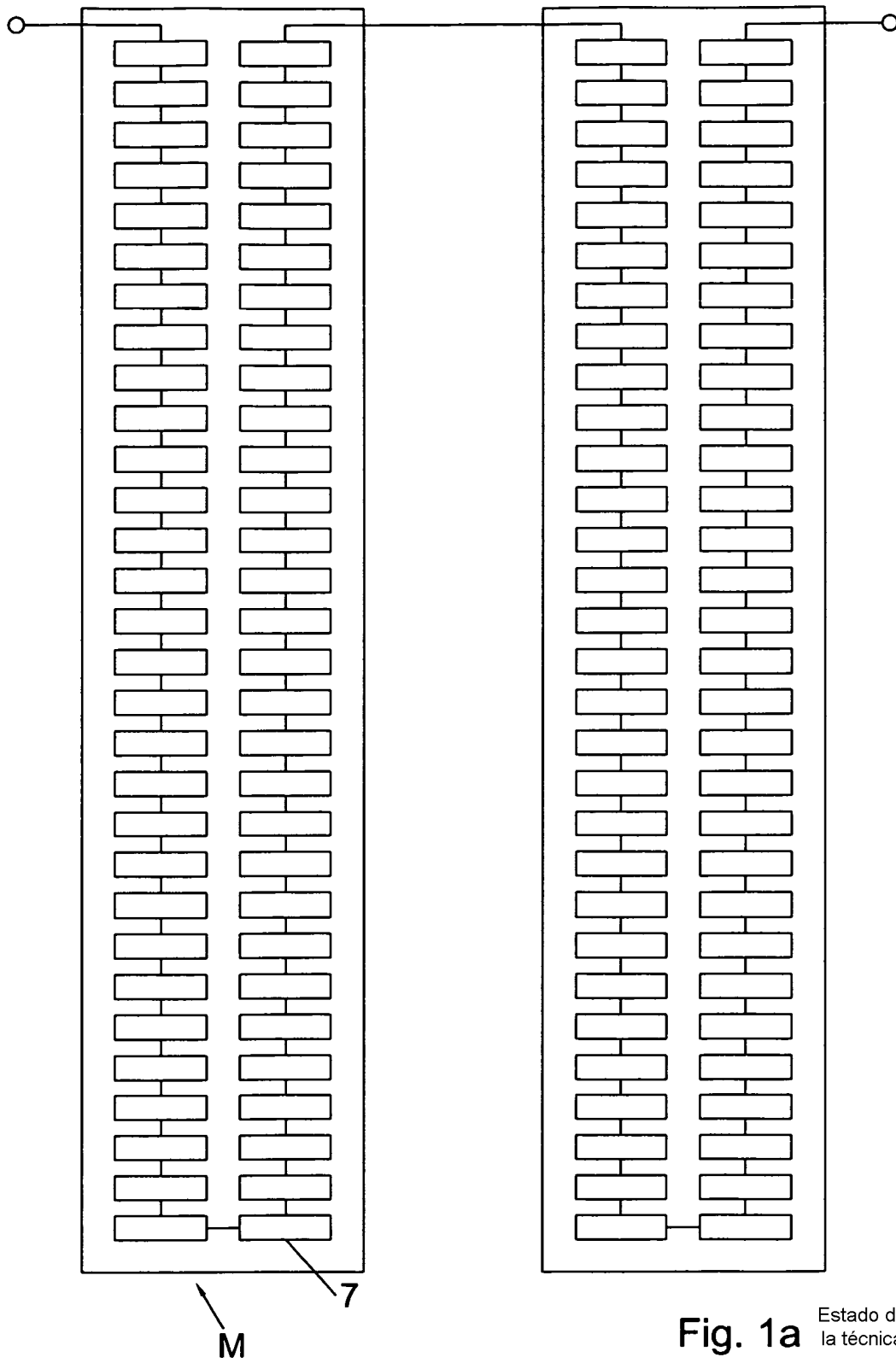


Fig. 1 Estado de la técnica



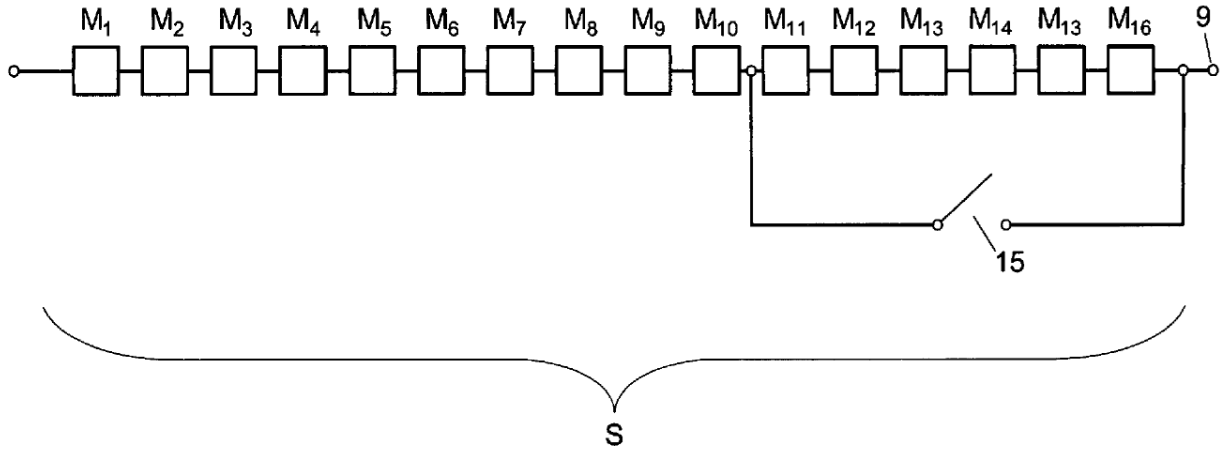


Fig. 2

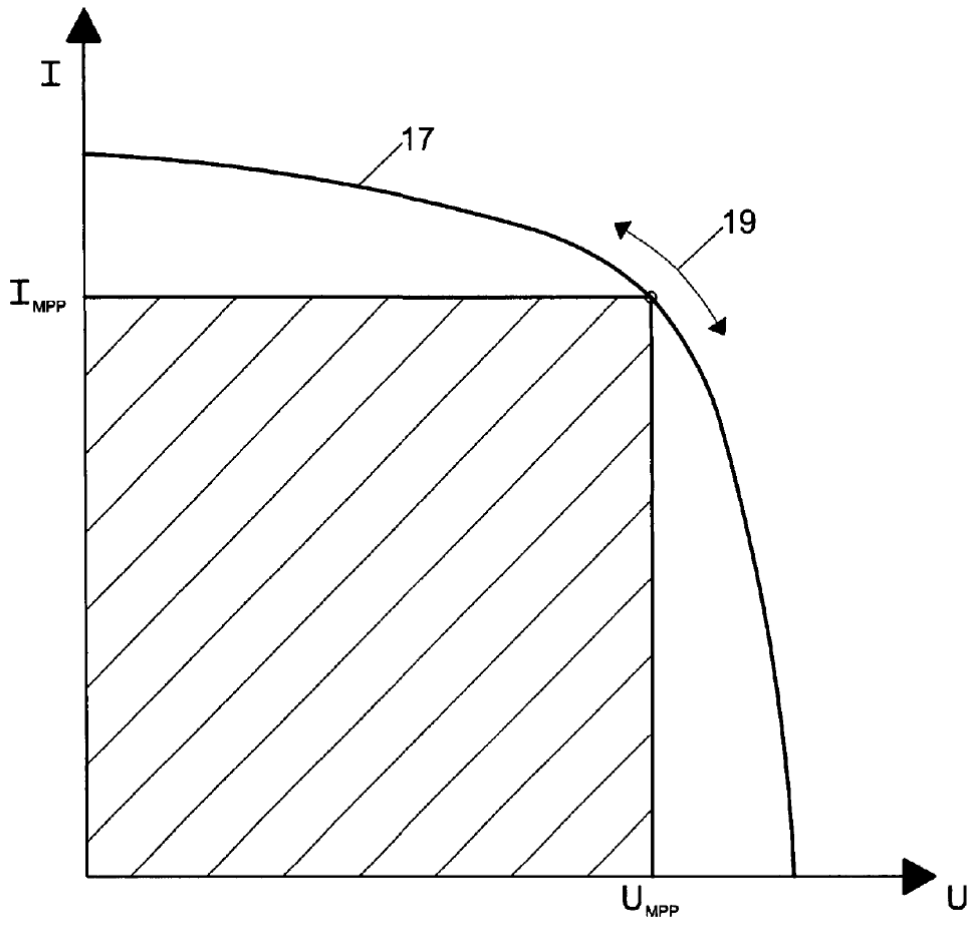


Fig. 3

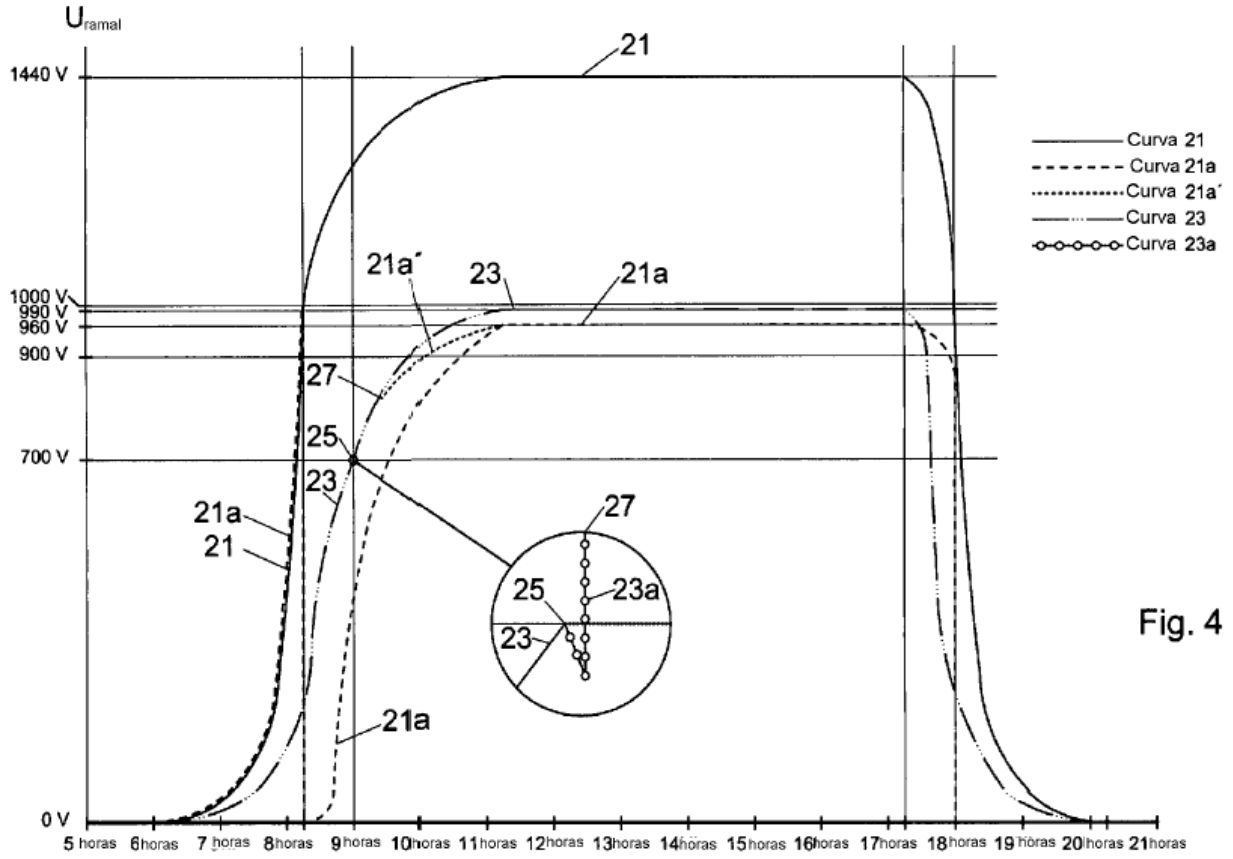


Fig. 4

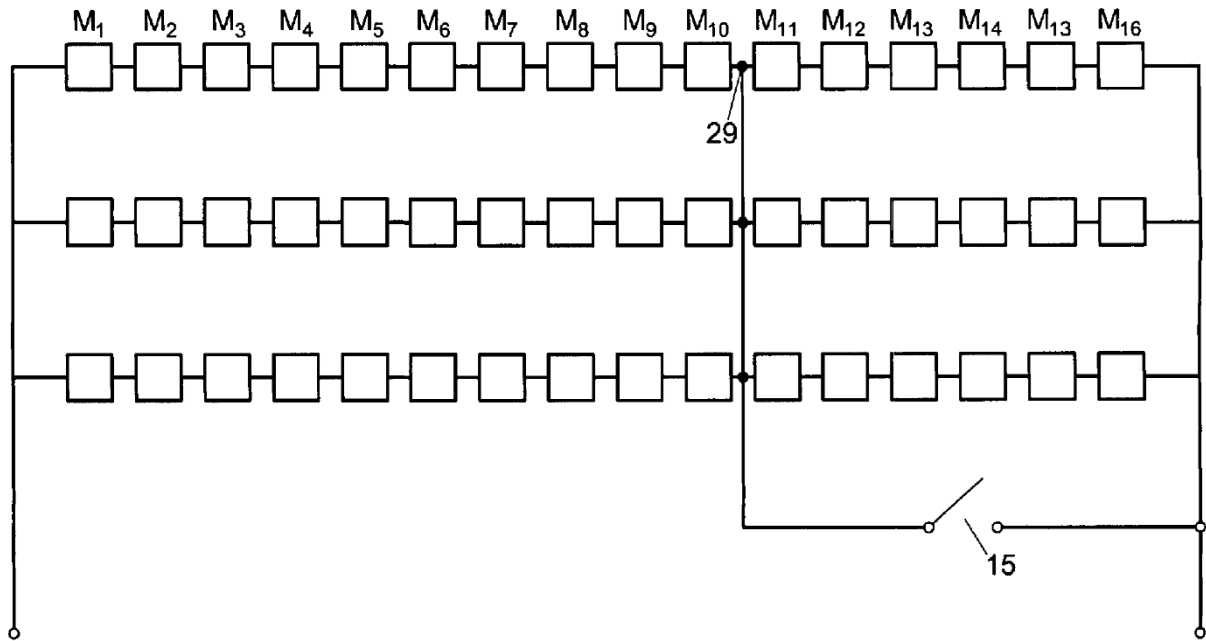


Fig. 5

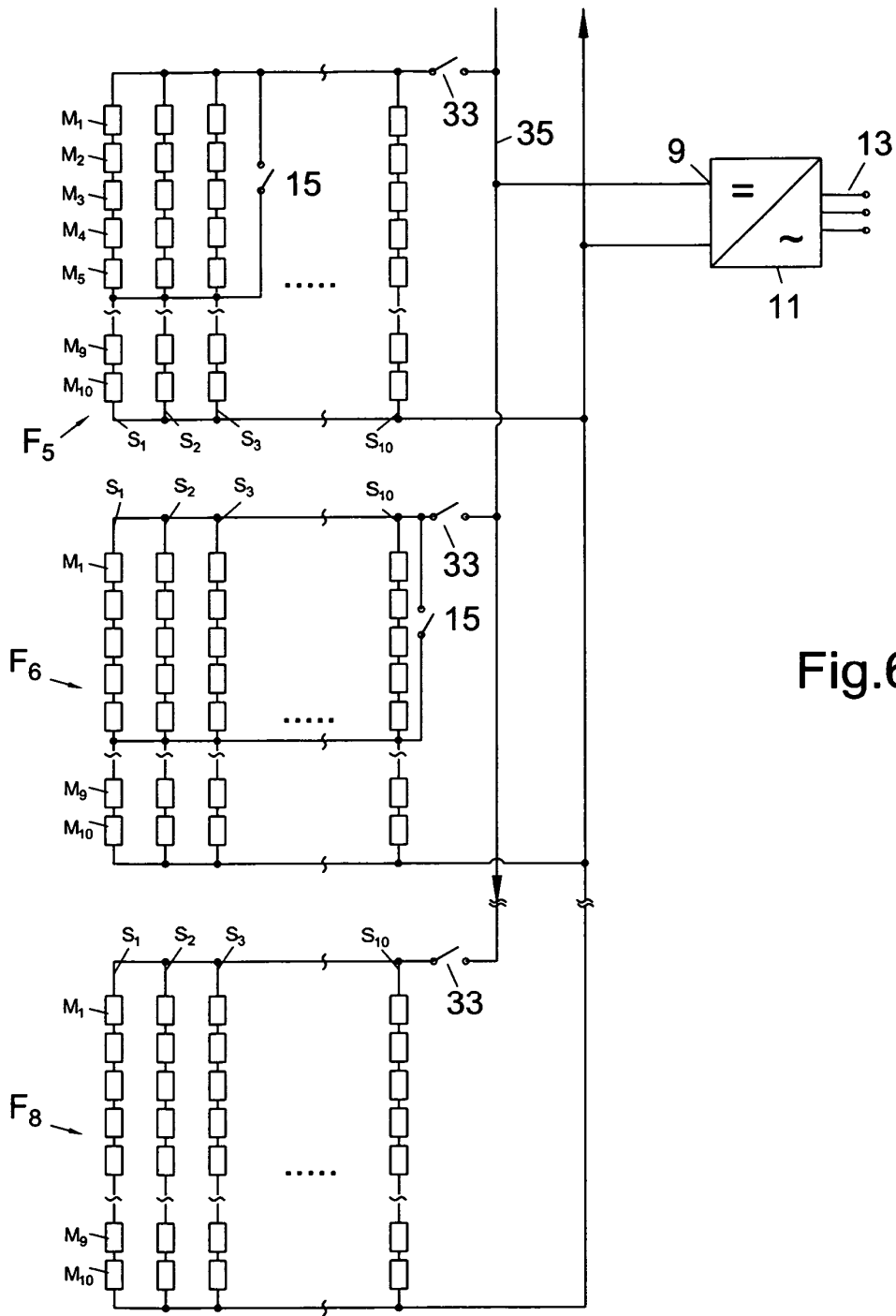


Fig.6