

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 527**

51 Int. Cl.:

G01R 31/02 (2006.01)

G01R 31/40 (2014.01)

G01R 31/04 (2006.01)

H02S 50/10 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2013 PCT/US2013/058927**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2014 WO14043082**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2013 E 13766797 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2895872**

54 Título: **Método y aparato para detectar una conexión eléctrica floja en un sistema fotovoltaico**

30 Prioridad:

11.09.2012 US 201213609529

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

25.03.2019

73 Titular/es:

**EATON CORPORATION (100.0%)
1000 Eaton Boulevard
Cleveland, OH 44122, US**

72 Inventor/es:

**LUEBKE, CHARLES, JOHN;
ZHOU, XIN;
SHEA, JOHN, J.;
PAHL, BIRGER y
PIER, B., THOMAS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 705 527 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

Método y aparato para detectar una conexión eléctrica floja en un sistema fotovoltaico

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere en general a sistemas eléctricos de corriente continua, y más particularmente, a un método y aparato para detectar una conexión eléctrica floja en un sistema fotovoltaico (FV).

10 Los Estados Unidos y otros países han experimentado números récord de instalaciones FV en los últimos años. En un año reciente, por ejemplo, los Estados Unidos experimentaron 339 MW FV conectados a la red durante los primeros 6 meses del año, lo que representa un incremento del 55 % sobre los 435 MW que se instalaron en todo el año previo. No solamente se ha incrementado dramáticamente el número de sistemas en los últimos años, sino que se ha incrementado asimismo el número de sistemas de gran tamaño.

15 En general, como es conocido en la técnica, un sistema FV incluye módulos solares individuales que se conectan en serie para formar una cadena de, típicamente, 8-12 módulos. Se conectan en paralelo un grupo de cadenas en una caja combinadora, que incluye típicamente un fusible para cada cable de cadena positivo, y el (los) fusible(s) alimenta(n) una barra de bus positiva. Los cables negativos también se recogen dentro de la caja combinadora para formar un bus negativo. Conductores dimensionados para manejar la corriente y tensión combinada producida en las cajas combinadoras transportan la potencia en CC a un combinador maestro (que también se considerará como una matriz combinadora o un re-combinador), en donde las salidas de las cajas combinadoras se combinan en paralelo. La salida desde uno o más combinadores maestros transcurren a través de grandes conductores a un inversor central, y la potencia en CC desde el combinador maestro se obtiene como una potencia en CA desde el inversor.
20 La salida del inversor se alimenta a un transformador que convierte la tensión de salida en CA a la tensión de transmisión a la compañía eléctrica.

Se espera que los sistemas de FV sean altamente robustos y fiables durante al menos veinte años de operación. Sin embargo, como muchos sistemas eléctricos de alta tensión, los sistemas FV son susceptibles a fallos debidos a,
30 entre otras cosas, conexiones flojas que dan como resultado un sobrecalentamiento y creación de arcos que pueden tener lugar en el sistema. El arco es una descarga luminosa de electricidad a través de un medio aislante, normalmente acompañada por la volatilización parcial de los electrodos. Una falta en arco es una condición de creación de arco involuntaria en un circuito eléctrico y puede provocarse por, por ejemplo, aislamiento del conductor erosionado, extremos expuestos entre conductores rotos, conexiones eléctricas defectuosas, o conexiones flojas en las que los elementos conductores están en estrecha proximidad entre sí, como ejemplos. Dependiendo de la corriente, el plasma formado durante la falta en arco puede alcanzar temperaturas por encima de 5000 grados centígrados en un área muy localizada. Este calentamiento puede ser suficiente para fundir los componentes circundantes que están fabricados de plástico o metal, tal como el portafusibles, partes de los interruptores de desconexión, e incluso la envolvente de la caja combinadora en sí. Esto puede conducir a heridas, daños en equipos y propiedades, y fuego debido a la ignición de los materiales de construcción o FV, amenazando la pérdida de contenido del edificio y la seguridad de los ocupantes.

Los sistemas FV están en riesgo de desarrollar una falta debido al muy gran número de conexiones en el sistema. Pueden existir millares de conexiones en un sistema FV, dando miles de oportunidades de conexiones pobres. Un sistema FV grande puede tener un centenar de cajas combinadoras, como ejemplo. De ese modo, puede haber miles o incluso muchos miles de oportunidades de que ocurra una falta. Las conexiones a la barra del bus se atornillan típicamente juntas, y puede haber cualquier número de estas estructuras atornilladas dentro de cada caja combinadora. Dentro de una caja combinadora, las cadenas de terminación de campo y el cableado de alimentación del bus tienen particularmente un elevado potencial de desarrollo de estas conexiones flojas, y las barras del bus y equipos de finalización asociados también tienen el potencial de quedar flojos a lo largo de los ciclos eléctricos y térmicos. El riesgo de desarrollar una falta es incluso más alto para las cadenas FV en donde la potencia se propaga hacia abajo desde el cableado FV, a través de los conectores FV, así como a través de las interconexiones de cinta y célula del módulo FV.

55 Aún más, los sistemas FV están particularmente en riesgo debido a los daños por el sol, viento y meteorología que pueden tener lugar durante la vida útil de trabajo del sistema y por las condiciones que pueden tener lugar allí donde se instalan típicamente los sistemas FV. Esto es, condiciones relativamente duras sobre tejados de edificios, en campos abiertos etc. pueden conducir a daños físicos y acelerar el envejecimiento del sistema FV. La exposición al viento, al frío riguroso del invierno y al calor extremo del verano pueden debilitar las conexiones en cualquier lugar a lo largo del sistema, provocando las conexiones flojas. Y, debido al dramático crecimiento en el número de sistemas FV desplegados en los últimos años, el riesgo de fuego y otros daños solo se ha incrementado. De hecho, se han notificado en los últimos años fuegos en instalaciones FV que se han rastreado hasta el origen del sobrecalentamiento del componente y creación del arco, particularmente provocados por conexiones flojas.

65 Los requisitos de seguridad, protección y servicio para componentes y circuitos de CC en sistemas FV se han retrasado respecto a requisitos de normativa, normas, y experiencia establecida para los sistemas de CA. Los

sistemas de protección para la distribución de potencia en CA han progresado desde la protección de cortocircuito (fusibles e interruptores) y sobrecorriente (relés de protección) a faltas a tierra y protección de faltas en arco. Un sistema de detección/protección conocido de conexión floja en CA, aplicable a subestaciones, interruptores, y centros de control de motores, se basa en la detección acústica pasiva con un sensor piezoeléctrico y un algoritmo de correlación de eventos en el tiempo (CET). Esto es, este sistema de protección de CA conocido detecta el ruido acústico generado dentro del sistema en sí y, con el algoritmo de CET, puede usarse para localizar el origen de las conexiones flojas.

En otras palabras, debido a la naturaleza cíclica de la potencia en CA y su paso a través de puntos cero, una conexión floja dentro del sistema de CA puede revelarse como una vibración entre los componentes flojos. La vibración a su vez es detectable como un ruido acústico con sensores piezoeléctricos posicionados a lo largo del sistema. Basándose en el tiempo de viaje desde uno o más sensores piezoeléctricos puede determinarse las localizaciones del origen. De ese modo, puede detectarse una conexión floja dentro de un sistema de CA, frecuentemente antes de que la conexión floja avance hasta el punto de que pueda formarse sobrecalentamiento o un arco.

Los sistemas de potencia en CC por otro lado, tal como un sistema FV, no generan inherentemente señales acústicas en conexiones flojas. En general, los componentes permanecen en una posición estática si están flojos, a diferencia de un circuito de CA típico, y permanecerán así hasta que se forma un arco. De ese modo, los sistemas de potencia en CC pueden no tener conexiones flojas detectadas en ellos, usando los sistemas conocidos, hasta que es demasiado tarde y se ha formado el arco, o aún peor cuando el arco ha progresado hasta el punto de convertirse en un riesgo de fuego.

Adicionalmente, una conexión defectuosa o floja en un sistema FV no puede ser detectable durante la oscuridad debido a que el riesgo de creación de arco ha cesado cuando el sistema no está bajo alimentación. De ese modo, para detectar proactivamente conexiones defectuosas o flojas, el sistema FV debe ser supervisado durante las horas diurnas y cuando los módulos FV están generando potencia.

De ese modo, sería por lo tanto deseable tener un sistema y método capaz de detectar conexiones flojas en un circuito de eléctrico de potencia en CC y, más particularmente, en un sistema FV, que supere los inconvenientes anteriormente mencionados.

En el documento WO 2012/000533 A1 se divulga un sistema de potencia configurado para generar y distribuir potencia eléctrica en CC tal como se define en la parte de caracterización de la reivindicación 1.

En el documento EP 1 918 727 A1 se divulga un método de supervisión de un generador fotovoltaico mediante la alimentación repetida de una corriente con un espectro de frecuencia en un circuito de corriente del generador, detectando una respuesta de frecuencia teniendo una corriente suministrada como una variable de entrada y una variable eléctrica como una variable de salida, y detectando un cambio en la respuesta en frecuencia.

Los elementos básicos de un sistema fotovoltaico se describen en el documento US 2010/237703 A1.

El documento US 2006/254355 A1 describe un generador de señal que genera una señal de salida como pulsos acústicos a una frecuencia predeterminada adecuada. Se producen los pulsos acústicos, cuyas magnitudes son detectadas por un sensor. La magnitud de la señal detectada se usa a continuación como un indicador de la flojedad de la conexión.

Mientras en el documento US 2011/308833 se muestra un subcombinador de la cadena fotovoltaica, en el documento WO 2012/100263 A2 se muestra una arquitectura de detección de anomalías para sistemas fotovoltaicos. Finalmente, en el documento EP 2 442 122 A2 se describe un sistema de sensor acústico para un sistema de distribución eléctrico que tiene un cierto número de fases.

Breve descripción de la invención

La presente invención proporciona un sistema y método para detectar conexiones eléctricas flojas en un sistema fotovoltaico (FV).

Por lo tanto, de acuerdo con un aspecto de la presente invención se proporciona un circuito de potencia configurado para generar y distribuir potencia eléctrica en CC tal como se define la reivindicación 1.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se proporciona un método de fabricación de un sistema de detección de conexiones flojas para un sistema de potencia configurado para generar y distribuir potencia eléctrica en CC y que comprende un sistema fotovoltaico "FV" tal como se define la reivindicación 7.

Diversos otros aspectos, características y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la descripción detallada que sigue y de los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos ilustran una realización preferida actualmente contemplada para llevar a cabo la invención.

- 5 La figura 1 es un sistema fotovoltaico (FV) que incorpora realizaciones de la invención.
- La figura 2 es una ilustración de componentes de una parte de una caja combinadora de un sistema FV, de acuerdo con realizaciones de la invención.
- 10 La figura 3 es una ilustración de componentes de una caja combinadora de un sistema FV, de acuerdo con realizaciones de la invención.
- La figura 4 es una ilustración de una caja combinadora maestra de un sistema FV, de acuerdo con realizaciones de la invención.
- 15 La figura 5 es una ilustración de un sistema FV, de acuerdo con realizaciones de la invención.
- La figura 6 es una ilustración de componentes de la caja combinadora de un sistema FV, de acuerdo con realizaciones de la invención.
- 20 La figura 7 es una ilustración de una cadena de módulos FV, de acuerdo con realizaciones de la invención.

Descripción detallada de la realización preferida

- 25 La presente invención se refiere en general a un sistema y método para detectar conexiones eléctricas flojas en un sistema fotovoltaico (FV).

30 Con referencia a la figura 1, un sistema fotovoltaico (FV) 100 incluye módulos FV individuales 102 que se disponen como cadenas de módulos 104 que, en el caso ilustrado, son cadenas lineales que tienen tres módulos 102 en cada una. Como es conocido en la técnica, el número de módulos no necesita estar limitado a tres como se ha ilustrado, y no está limitado a una disposición lineal, sino que puede incluir cualquier número de módulos dispuestos para proporcionar potencia eléctrica en CC cuando la energía radiante incidente desde el sol incide sobre ellos.

35 Se proporcionan cables del módulo eléctrico 106 entre módulos 102 que transportan la potencia eléctrica, tal como se recoge en cada módulo 102 cuando la energía solar brilla sobre él, a un combinador 108. El combinador 108 se configura, como se ilustra adicionalmente, para recoger la potencia eléctrica en CC desde unas pocas a varias (o más) cadenas de módulos solares, y combina la salida en una barra de bus de combinador. Como se muestra en la figura 1, pueden incluirse múltiples combinadores 108 en el sistema 100 (de los cuales se ilustran dos) y la salida desde ellos 110 se suministra a un combinador maestro 112 (conocido en otra forma como una matriz combinadora).

40 La energía eléctrica en CC desde el combinador maestro 112 incluye así la energía eléctrica en CC desde múltiples módulos FV 102, dispuestos en cadenas 104, que se combinan en el combinador 108, y se envían al combinador maestro 112. De ese modo, el combinador maestro 112 incluye, en una realización, todos los módulos 102 en el sistema 100, conduciendo a una salida de potencia total potencialmente muy alta de varios kilovatios o más durante la producción de pico de energía. La potencia eléctrica en CC desde 112 se envía como la potencia total del sistema 114 a un inversor 116. El inversor 116 produce la salida de la potencia en CA 118 que puede usarse para finalidades residenciales u otras, o enviarse a la red eléctrica, como es conocido en la técnica.

45

50 Como es conocido en la técnica, y como se ilustra adicionalmente, los módulos 102 dispuestos como cadenas 104 incluyen típicamente muchas conexiones eléctricas. Las cadenas 104 se combinan en el combinador 108, añadiendo típicamente muchas más conexiones eléctricas, y cuando los combinadores 108 se combinan en el combinador maestro 112 y se produce la salida al inversor 116, se incluyen típicamente aún más conexiones eléctricas. De ese modo, en el sistema ilustrado, se incluyen típicamente muchas conexiones eléctricas que son susceptibles de quedar flojas y dar como resultado sobrecalentamiento y defectos de arco, como se ha descrito.

55 El sistema 100 incluye un controlador 120 que recibe, en una realización, instrucciones para la operación, la funcionalidad de seguridad del sistema, etc. por parte del ordenador 122. En una realización, el controlador 120 y el ordenador 122 proporcionan funcionalidad del sistema para la operación automática del sistema, operación manual del control, supervisión del sistema, supervisión de la salida de potencia, eficiencia, medida del influjo solar, etc. como es conocido en la técnica. El controlador 120 y el ordenador 122 proporcionan características de control para la operación de realizaciones de la invención.

60

Además, aunque la figura 1 ilustra un sistema FV como se entiende comúnmente dentro de la técnica, se contempla que pueden incluirse asimismo otras disposiciones del sistema FV, de acuerdo con realizaciones de la invención. Por ejemplo, en una realización alternativa, un sistema FV puede incluir subsistemas adicionales, cada uno de los cuales se asemeja al sistema 100 tal como se ha ilustrado. Esto es, sistemas FV mucho más grandes pueden incorporar realizaciones de la invención que pueden incluir múltiples sistemas 100. El sistema 100 tal como se ha

65

ilustrado puede ser un subsistema configurado como se ha ilustrado pero como parte de un sistema de suministro de potencia en CC global mucho mayor compuesto de muchos sistemas 100, teniendo cada uno su propio combinador maestro 112 e inversor 116. En otras palabras, puede haber varios sistemas 100 dentro de un sistema mucho mayor para la operación FV, y la invención no está limitada al sistema 100 ilustrado en la figura 1. De hecho, puede contemplarse cualquiera de dichas disposiciones de componentes FV, de acuerdo con la invención, en la que los módulos FV se disponen para enviar potencia a un inversor, independientemente de si y como dichos módulos se disponen como cadenas, con combinadores, y con combinadores maestros.

Con referencia ahora a la figura 2, se ilustra una parte del circuito 200 dentro de una caja combinadora, tal como la caja combinadora 108 de la figura 1. El circuito 200 incluye entradas 202 desde cadenas de módulos, tales como las cadenas de módulos 104 de la figura 1. Las entradas 202 se suministran a una barra del bus 204 que recibe potencia eléctrica desde las entradas 202. Cada entrada incluye un protector de la cadena 206 que proporciona, en una realización, protección de sobrecorriente mediante el uso de un fusible o interruptor, como es conocido en la técnica. La barra del bus 204 suministra potencia en CC desde los cables 202 a un terminal de potencia 208, que a su vez alimenta la potencia a un combinador maestro 210 a través de un terminal del cable de alimentación del bus 212. El circuito 200 incluye un circuito de disparo 214 para desconectar la barra del bus 204 del terminal de potencia 208 en el caso de una falta, de acuerdo con la invención. La barra del bus 204 se conecta al circuito de disparo 214 través del conductor 216. Como se ve a lo largo del circuito 200, el circuito 200 incluye múltiples conexiones eléctricas 218 que son susceptibles de quedar flojas y conducir a sobrecalentamiento y faltas de arco, como se ha descrito. De ese modo, de acuerdo con la invención, se acopla acústicamente un generador de señal acústica (GSA) 220 a la barra del bus 204 y se acopla también acústicamente un sensor acústico (SA) 222 a la barra del bus 204. El GSA 220 y el SA 222 se posicionan sobre la barra del bus 204 próximos entre sí y cada uno está eléctricamente acoplado 224 y es controlable a través de un circuito de faltas 226. El circuito de faltas 226 recibe alimentación 228 y se configura para funcionar con y recibir información desde el GSA 220 y el SA 222, respectivamente. De acuerdo con la invención, en una realización el circuito de faltas 226 es un circuito independiente se está dedicado a la detección de faltas del sistema, y en otras realizaciones el circuito de faltas 226 se incluye como parte del controlador 120 y ordenador 122 de la figura 1.

El circuito 226 y el GSA 220/SA 222 se disponen para detectar faltas de arco dentro del circuito 200 que ocurren dentro de las conexiones 218. El generador de señal acústica 220 se configura para producir la salida de una señal acústica tanto como 1) una vibración que tiene un tono de frecuencia constante (que puede incluir un salto continuo o periódico a través de múltiples frecuencias), o como 2) un "silbido" que tiene un espectro de frecuencias acústicas audibles superpuestas en él, como ejemplos. Esto es, el GSA 220 o bien emite un tono de frecuencia constante o bien provoca la generación de ruido blanco forzando una operación similar a martilleo directamente impuesta sobre la barra del bus 204. Típicamente, en la realización ilustrada, si las conexiones 218 están todas en general sanas y no flojas de modo que provoquen sobrecalentamiento o una falta en arco, el ruido acústico generado por el GSA 220 como un origen de la señal atravesará 230 a través de la barra del bus 204 y se dispersará a otros componentes del circuito 200, mientras encuentre conexiones eléctricas 218 a todo lo largo. Si una de las conexiones 218 está floja, dicha conexión floja 232 dará una como resultado una vibración entre el protector de la cadena 206 y la barra del bus 204 que forma la conexión floja 232. Típicamente, si ocurre una conexión floja 232, entonces los componentes eléctricos de cualquiera de los lados de la conexión floja 232 vibrarán teniendo una frecuencia que es distinta y detectable por el SA 222. De ese modo, si el GSA 220 provoca o bien una emisión de frecuencia constante o bien un "silbido" de ruido blanco, entonces se emitirá una señal de vibración secundaria desde la conexión floja 232 que es detectable por el SA 222.

Como puede entenderse en la técnica, no hay necesariamente una frecuencia particular que sea el resultado de una conexión floja 232. La frecuencia a la que le vibran los componentes es, en otras palabras, dependiente de un cierto número de factores incluyendo pero sin limitarse a, el tamaño de los componentes (protector de cadena 206, barra del bus 204, conector entre ellos), propiedades del material de los componentes, por mencionar unos pocos. Sin embargo, cuando dichos componentes vibran debido a la conexión floja, la vibración tendrá típicamente una frecuencia de pico que permanece o bien contra la frecuencia de salida constante o bien como resultado del "silbido". Dicho esto, la cantidad de vibración entre componentes puede ser también un factor de la frecuencia de salida, la energía desde el GSA 220, y la distancia desde el GSA 220 a la conexión floja 232. Así, de acuerdo con la invención, la entrada de energía total al GSA 220 puede seleccionarse en consecuencia para provocar una vibración detectable entre componentes en la conexión floja 232. Adicionalmente, debido a que la cantidad de vibración es también típicamente resultado de la frecuencia de salida, de acuerdo con la invención, en lugar de producir una única frecuencia o tono, la frecuencia de entrada desde el GSA 220 puede barrer a través de un amplio intervalo de frecuencias durante la operación (por ejemplo de 1 kHz a 100 kHz). De ese modo, aunque puede implementarse un "tono acústico de frecuencia constante" de acuerdo con la invención, se contempla que dicha operación incluye el barrido arriba y abajo continua o periódicamente a través de muchas frecuencias acústicas constantes, a lo largo de un tiempo de barrido, durante el que la respuesta del espectro de ruido puede supervisarse en busca de frecuencias de vibración que sean atribuibles a vibración entre componentes resultado de una conexión floja.

Como se ilustra en la figura 2, se contempla que las conexiones flojas pueden detectarse basándose en señales que atraviesan a, pero no a lo largo de, la conexión floja. Esto es, como puede verse en la figura 2, debido a que el GSA 220 y el SA 222 se localizan próximos entre sí, dicha disposición es en cualquier caso capaz de detectar vibraciones

generadas en la conexión floja 232 debido a que, como se ha indicado, la señal acústica primaria desde el GSA 220 provoca que ocurra una vibración secundaria en la conexión floja 232. Debido a que las señales acústicas también se reflejan típicamente en otras uniones dentro del sistema 200, tal como una unión 234, las señales secundarias o vibraciones resultantes son distinguibles respecto a ella.

5 De ese modo, cuando se detecta una vibración resultante que indica una conexión floja, entonces el circuito 226 puede configurarse para comparar la magnitud y/o frecuencia de la señal de vibración para indicar a un usuario, a través del ordenador 122, o bien una advertencia 236 o bien una falta 238. Si no se detecta nada, entonces puede hacerse que el circuito 226 indique “no falta”. Un experto en la materia puede establecer fácilmente cuál puede ser el
10 umbral para la frecuencia y magnitud de la vibración para distinguir entre 1) una unión sólida, 2) una unión floja, y 3) una unión floja en la que puede tener lugar una falta en arco. De ese modo, cuando se determina una falta, entonces se envía una señal de falta 240 al circuito de disparo 214 para desconectar eléctricamente la barra del bus 204 del combinador maestro 210.

15 La invención no está limitada a tener una barra del bus y su conexión a las matrices FV y a un combinador maestro, como se ilustra en la figura 2. Por el contrario, la invención puede ser aplicable a cualquier barra o parte del circuito en la que pueda generarse una señal acústica para excitar la vibración de componentes flojos que formen una conexión eléctrica. Por ejemplo, una barra del bus en una matriz o combinador maestro, o una barra del bus de CC en un inversor, como ejemplos, pueden configurarse teniendo una disposición de GSA y SA, como se ha descrito
20 con respecto a la figura 2, de modo que pueda detectarse una conexión floja.

Además, la invención no está limitada a detectar también vibración de componentes flojos que no han tenido la señal primaria pasando a su través. Como se ha establecido, la operación del sistema 200 en la figura 2 puede detectar la vibración en componentes que se hacen vibrar, pero la fuente de señal en sí no se detecta en el “otro lado” de la
25 conexión floja. Esto es, en el ejemplo de la figura 2, se provoca que tenga lugar una vibración en una junta 232 que es esencialmente tangencial a la trayectoria de la señal de origen 230. En este ejemplo, se provoca que tuviera lugar la vibración pero tanto la señal de origen como la señal de vibración secundaria se detectaron ambas sin que ninguna señal hubiera pasado al otro lado 242 de la junta 232.

30 Con referencia ahora a la figura 3, los componentes (GSA y SA) pueden disponerse por ello para detectar las vibraciones secundarias resultantes de una fuente acústica, en la que se provoca que la señal de origen pase a través de una junta floja, y la señal de origen es detectable en el otro lado de la misma. La figura 3 ilustra lo que se muestra en la figura 2, pero incluye componentes adicionales que corresponden al lado de polaridad negativa del
35 circuito. Esto es, las figuras 2 y 3 ilustran esencialmente la misma disposición de circuito, pero la figura 2 se limita al lado de polaridad positiva del circuito por simplicidad de ilustración. Sin embargo, la figura 3 muestra ambas partes positiva y negativa del circuito para ilustrar que el generador de la fuente acústica GSA puede posicionarse en una localización y la señal acústica SA puede recibirse en una localización diferente. De modo que la localización de la conexión floja puede restringirse a una parte del circuito y aislarse usando un interruptor.

40 El circuito 200 incluye una barra del bus 204 con conexiones 218 a protectores de la cadena 206. La barra del bus 204 lleva una polaridad positiva a través de los protectores de la cadena 206 y desde las entradas 202. El circuito 200 incluye una segunda barra del bus 244 que tiene una polaridad negativa y cadenas negativas 246 correspondientes a las cadenas 202. Esto es, cada cadena positiva 202 corresponde a una línea negativa 246 que
45 cierra el circuito con cada cadena respectiva de celdas FV (no mostradas). En la realización de la figura 3, el GSA 220 se posiciona para generar señales acústicas a través de las uniones eléctricas 248, a lo largo de la barra del bus 204 (conexiones eléctricas próximas 218) y al SA 222. En esta realización, pueden generarse las vibraciones en uniones flojas en las uniones 248 así como las uniones 218. De ese modo, en esta realización, el SA 222 detecta vibraciones en ambos conjuntos de uniones 218, 248, y en el caso de las uniones 248, se provoca que la señal de origen desde el GSA 220 pase a través de las uniones 248 así como de las uniones próximas 218. Las vibraciones
50 generadas de ese modo pueden ser detectables, de acuerdo con la invención, con el SA 222.

De modo similar, puede colocarse un segundo GSA 250 sobre el lado de polaridad negativa del circuito, así como un segundo SA 252 de modo que las señales de vibración secundarias generadas en las uniones 254 puedan detectarse de la misma forma como resultado de la excitación desde el GSA 250. Además, debido al segundo
55 conjunto de GSA 250 y SA 252 de la figura 3, es posible estrechar la localización de una vibración. Excitando selectivamente uno de los GSA (220 o 250), puede usarse la detección de una señal de vibración para estrechar la localización de la vibración y de ese modo desconectar la parte detectada de un operación adicional, evitando de ese modo una situación potencialmente peligrosa. Por ejemplo, si tiene lugar una conexión floja en una localización 256, entonces la excitación secundaria provocada por uno de los GSA 220, 250, puede detectarse en el
60 SA 222 (pero no en el SA 252) indicando de ese modo una conexión floja en algún lugar con respecto a la barra del bus 204, que puede entonces desconectarse usando uno o ambos interruptores 258 para desacoplar la barra del bus 204 del resto del circuito. En dicha forma, es posible aislar selectivamente, o al menos estrechar, la localización de la conexión floja mediante la colocación estratégicamente de cada GSA y SA dentro del circuito.

65 Se contempla que cada localización de GSA y SA respectivo puede invertirse. Por ejemplo, el GSA 220 y SA 222 pueden tener sus localizaciones invertidas, pudiendo ser aún detectables las conexiones flojas de acuerdo con la

invención. Además, como se ha establecido, los componentes SA y/o GSA pueden colocarse estratégicamente para proporcionar información adicional sobre la localización de una conexión floja, basándose en donde están el GSA y SA correspondientes, desde los que se provoca que tengan lugar las vibraciones secundarias y se detectan. Por ejemplo, el GSA 220 se posiciona sobre el terminal de potencia 208 en la ilustración de la figura 3. Sin embargo, el GSA 220 puede posicionarse por el contrario en un punto medio aproximado 260, con el SA 232 localizado en cada "extremo" del circuito dentro del combinador. Al hacer esto, si se generan vibraciones secundarias como resultado de la operación de un GSA posicionado en un punto medio 260, entonces las vibraciones detectadas en el SA 222 pueden identificarse más claramente como habiendo sido generadas en, por ejemplo, las conexiones eléctricas 218, estrechando así las localizaciones posibles en donde ha tenido lugar la conexión floja.

Pueden usarse también generadores acústicos y sensores para identificar conexiones flojas dentro del combinador maestro 112 de la figura 1. Con referencia ahora a la figura 4, se ilustran los componentes internos 300 de un combinador maestro que incluye una barra del bus positivo 302 y una barra del bus negativo 304. Se incluye un interruptor 306 que incluye un fusible sobre la línea de polaridad positiva 308 que se conecta a una fuente de polaridad positiva 310 que se conecta a una parte de polaridad positiva de una caja combinadora (tal como se ilustra en la figura 3 y la figura 1). La barra del bus negativa 304 se conecta a una fuente de polaridad negativa 312 a través de las líneas negativas 314. Cada bus 302, 304 se conecta a un inversor 316, tal como el inversor 116 de la figura 1. Como se ve en la figura 4, los componentes se conectan a lo largo de las localizaciones de conexión 318 que, como se ha indicado, son susceptibles de sobrecalentamiento y faltas en arco si quedan flojas durante la operación del sistema. De ese modo, consistentemente con lo anterior, los GSA 320 pueden incluirse en, por ejemplo, un extremo de cada barra del bus 302, 304, y las localizaciones de los SA 322 pueden situarse en el otro extremo de las barras del bus 302, 304 y/o en cada terminal que se conecta al combinador 310, 312. Aunque no se ilustra por simplicidad, como en las otras ilustraciones, cada GSA 320 y SA 322 se controlan de la misma manera que la descrita anteriormente con respecto a las otras figuras.

Además, se contempla que las conexiones flojas son detectables como se ha descrito en las realizaciones anteriores incluyendo una conexión generalmente sólida entre componentes a través de los que pueden viajar las señales acústicas. Esto es, aunque las líneas 308 y 314 se muestran cómo lo que pueden parecer ser hilos, se entiende que estos, y otros componentes de esta y otras figuras previas, incluyen materiales de robustez suficiente para que soporten la transmisión de señales acústicas. De ese modo, en la realización de las figuras 2-4 se entiende que para generar señales de vibración secundarias usando un GSA, y detectarlas usando un SA, esto es posible debido a la capacidad de que una señal acústica pase a través de los componentes y sea detectada. De ese modo, las localizaciones de los SA y GSA no están limitadas a las localizaciones ilustradas, y pueden colocarse en cualquier lugar del circuito para generar y detectar vibraciones secundarias. Y, a lo largo de estas líneas, es posible aislar adicionalmente las localizaciones afectadas por una señal acústica de excitación enviada desde un GSA. Por ejemplo, como se ha establecido, es posible determinar las localizaciones aproximadas o generales de una conexión floja mediante la colocación selectivamente de unos GSA y SA dentro del circuito. Sin embargo, puede hacerse que tenga lugar un aislamiento adicional mediante el uso de un material, tal como una trenza de cobre, que puede conducir la electricidad mientras que no conduce o propaga mecánicamente una señal acústica.

Por ejemplo, volviendo a referirnos a la figura 3, típicamente un conductor para la potencia relativamente alta de varias cadenas de módulos FV se fabrica de un material sólido tal como cobre. El material 324 del conector, por ejemplo, puede fabricarse normalmente de un material sólido que conduce inherentemente la electricidad y conduce una señal acústica. Sin embargo, de acuerdo con la invención, el material 324 puede sustituirse por una trenza de cobre de modo que se excluya o impida que las señales acústicas pasen a lo largo de él. De ese modo, en la realización en la que el GSA se posiciona en el punto medio 260 y las señales de vibración se detectan en el SA 222, al incluir una trenza de cobre en lugar del material 324 se impide así que las señales acústicas se propaguen a través de y a otras localizaciones de SA en donde pudiera detectarse una señal de vibración. De ese modo, el uso de una trenza de cobre en partes del sistema FV global (como se encuentra típicamente en contactos móviles dentro de un interruptor) puede usarse en conjunto con la colocación selectiva de los GSA y SA para proporcionar características de estrechamiento adicional para localizar partes del circuito en donde se desarrollan conexiones flojas.

En lugar del uso de señales acústicas para generar vibraciones secundarias para la detección de conexiones flojas que pueden conducir a sobrecalentamiento o una falta en arco, de acuerdo con la invención, pueden usarse señales eléctricas para componentes adicionales dentro del sistema FV. Como se ha indicado, algunos componentes dentro de un sistema FV no se interconectan con componentes que propagarían inherentemente las señales acústicas. Como un ejemplo, los módulos FV se interconectan típicamente usando cables que son relativamente estructuralmente flexibles y por ello no soportarían la transmisión de una señal acústica. Esto es, debido a que la potencia total transmitida entre módulos y dentro de una cadena es relativamente baja, los requisitos de conducción eléctrica entre los módulos son típicamente bastante pequeños cuando se comparan con, por ejemplo, la cantidad de potencia transmitida dentro de una caja combinadora, o dentro de un combinador maestro. Las realizaciones acústicas previamente analizadas no serán suficientes entre módulos de una cadena. De ese modo, en lugar del uso de un generador de señal acústica GSA y un sensor para detección de una señal acústica SA, puede generarse una señal acústica y hacerse que pase a través de las uniones eléctricas para determinar cuándo se desarrolla una conexión floja, y dónde está esa conexión floja.

Con referencia a la figura 5, se ilustran en ella partes de un circuito FV 400 como se ha ilustrado en la figura 1. El circuito 400 muestra un inversor 402, un interruptor 404 y módulos FV 406. Se acopla un protector remoto 408 (tal como un interruptor de circuito contra faltas a tierra (GFCI)) a uno de los módulos FV 406 en el extremo del circuito. Se muestran los conectores en línea 410 que ilustran claramente que hay conexiones adicionales dentro del circuito FV 400, consistente con lo que se muestra en la figura 1. El circuito FV 400 también incluye, pero no se ilustra de nuevo por simplicidad de la ilustración, un controlador 120 y ordenador 122, como se ilustra en la figura 1, que también se configuran para control de la operación del interruptor 412.

Se posiciona un generador de señal eléctrica (GSE) 414, en la realización ilustrada, sobre el inversor 402 y las señales eléctricas generadas desde el mismo se hace que pasen a través del interruptor 404 (suponiendo que los interruptores en él están cerrados) y se hace que pasen a través de los módulos FV 406 al sensor de señal eléctrica (SE) 416 posicionado en el protector remoto 408. El circuito 400 puede incluir también un SE 416 en la línea de retorno 418 del inversor 402. De acuerdo con la invención, el SE 416 y los descritos en el presente documento, pueden configurarse para detectar señales eléctricas pero acuerdo con la invención asimismo pueden incluir también una capacidad de detección de señales acústicas.

En la operación de una realización, se provoca la emisión de señales eléctricas en CA a varias frecuencias desde el GSE 414 que pasen a través de los componentes eléctricos al SE 416. De acuerdo con otras realizaciones de la invención, el GSE 414 consiste en uno o más interruptores de potencia 413 dentro de un inversor. Tal como un inversor 402, o uno o más interruptores 415 dentro del convertidor CC-CC. Tal como un convertidor CC-CC 411 opcional, que está dentro del circuito FV 400. De ese modo, si no hay ninguna conexión eléctrica floja presente a través de la que pase la señal de CA, entonces la señal de CA pasa sin trabas y es detectable en cada SE 416. De ese modo, puede hacerse que el ordenador 122 señalice una indicación de "no falta" a un usuario. Sin embargo, como se ha explicado con respecto a la figura 2, el GSE 414 y los SE 416 pueden conectarse a un circuito del sistema 100 (circuito 220 de la figura 2) que puede ser controlable a través del controlador 120 e interrelacionarse usando el ordenador 122, de modo que se generen las señales eléctricas en CA en el GSE 414 y se detecten en los SE 416. Cuando está presente una conexión floja y se hace que la señal de CA pase a través de ella, tiene lugar una distorsión de la señal porque la señal eléctrica se distorsiona o atenúa detectablemente. En consecuencia, puede hacerse que el circuito 226 (como se ha explicado con respecto a la figura 2) indique de ese modo o bien un aviso o bien una falta a través del ordenador 122.

De ese modo, en partes de un sistema FV en las que puede impedirse de las señales acústicas pasen a través de ellas, es posible en cualquier caso detectar conexiones flojas mediante el uso de un generador de señal eléctrica de CA y un detector de señal eléctrica, que pueden usarse para supervisar la señal de CA y evaluar cuándo tiene lugar una distorsión o atenuación de la señal debido a una conexión floja. Como con las realizaciones acústicas, los GSE y los SE pueden colocarse selectiva o estratégicamente a lo largo del sistema FV de modo que, si y cuando tiene lugar una conexión floja, su localización pueda estrecharse de la misma forma. En otras palabras, cuantos más componentes GSE y SE se coloquen, más oportunidad hay de estrechar la localización de la conexión floja cuando tiene lugar. Además, con referencia aún a la figura 5, se contempla que las localizaciones de los GSE y SE pueden invertirse, como un ejemplo.

Con referencia ahora a la figura 6, se ilustran componentes de la caja combinadora de acuerdo con la invención. De modo similar a la figura 3, la figura 6 ilustra una primera barra de bus positiva 204, una segunda barra de bus negativa 244 y terminales de potencia 208. Las uniones eléctricas 254 pueden conectarse a cables de potencia que pasan a una caja combinadora maestra (no mostrada). Los protectores de la cadena 206 proporcionan protección de sobrecorriente a las cadenas 202. Se forman también uniones eléctricas 248 que proporcionan una trayectoria desconectable desde los terminales 208 a las barras del bus 204, 244 a través de interruptores 258. Las conexiones eléctricas 218 conectan el protector de la cadena 206 a la barra del bus 204 y a las cadenas 202. Como se ha indicado, las conexiones 218, 248 y 254 son susceptibles de sobrecalentamiento o falta en arco si se desarrolla una conexión floja. Como se ha descrito con respecto a la figura 3, se incluye un control o circuito de faltas 226 para proporcionar control operacional de los interruptores 258, pero el circuito 226 no se muestra por simplicidad de ilustración.

Como con la figura 3, esas conexiones flojas pueden detectarse usando generadores y detectores de señal acústica. Sin embargo, de acuerdo con la invención, puede usarse la colocación de fuentes y detectores de señal eléctrica en lugar de los generadores y sensores acústicos. De ese modo, en la figura 6 puede posicionarse un GSE 420 sobre por ejemplo el terminal negativo de los terminales de potencia 208, que puede hacerse que generen una señal eléctrica a lo largo de la caja combinadora. Pueden colocarse selectivamente sensores de señal eléctrica (SE) para permitir a un ordenador situar una localización de una conexión floja. El SE 422 puede colocarse por ejemplo sobre el terminal positivo del terminal de potencia 208 y/o los SE 422 pueden colocarse sobre cada una de las cadenas 206, como ejemplos. De ese modo, puede realizarse la supervisión de la señal eléctrica de CA generada desde el GSE 420 en múltiples localizaciones y, cuando la señal queda distorsionada o atenuada debido a una conexión floja, puede situarse su localización o estrecharse a localizaciones específicas del circuito global, y basándose en el grado de distorsión o atenuación, un usuario puede o bien ser advertido de una posible conexión floja o ser notificado de una falta real.

Con referencia a la figura 7, los módulos individuales 424 (o subgrupos de módulos individuales de, por ejemplo, dos o tres módulos FV) de una cadena de módulos FV 426 pueden protegerse usando unos GSE 428 y SE 430 selectivamente colocados. En esta realización, cada SE 430 incluye su propio interruptor respectivo 432 que es controlable por un circuito de detección de faltas (tal como un circuito de faltas 226 de la figura 2). Así, en esta
 5 realización, pueden supervisarse y desconectarse remotamente partes más estrechas del circuito de FV, hasta módulos FV 424 específicos, de acuerdo con la invención.

Las realizaciones de la invención ilustradas no quieren indicar de ningún modo la limitación de las localizaciones y número de componentes usados para supervisar y detectar conexiones flojas en un sistema FV. Se ilustran
 10 localizaciones para la colocación de generadores y sensores acústicos correspondientes en las figuras 2-4, y para la colocación de los generadores y sensores de señales eléctricas de CA correspondientes en las figuras 5-7. Sin embargo, en partes del circuito FV en donde las señales acústicas pueden pasar próximas a o a través de conexiones de modo que se genere una señal acústica secundaria resultante, los generadores de señal acústica y detectores pueden colocarse selectivamente para supervisar diversas conexiones y descender hasta tan poco como
 15 una conexión, dependiendo de la colocación de los componentes del generador y sensor acústico. De modo similar, en lugar de usar sensores acústicos, pueden usarse generadores y sensores eléctricos para pasar una señal de CA detectable a través de una o más conexiones del sistema FV y, cuando dicha señal queda distorsionada o atenuada debido a una conexión floja, dicha situación puede localizarse basándose en las localizaciones en las que se genera la señal de CA y en dónde se detecta la señal de CA y su señal distorsionada/atenuada. De acuerdo con la
 20 invención, el controlador 120 y el ordenador 122 se configuran para funcionar de modo que se reconozca una correlación en el tiempo durante la operación para detectar una conexión floja. Esto es, los generadores de señal (los GSA y los GSE) descritos anteriormente funcionan de tal manera que las señales de vibración resultantes detectadas pueden correlacionarse con la señal, desde un GSA o bien un GSE, que se usa para hacer que tenga lugar la vibración. De dicha manera pueden reducirse las falsas señales y, debido a que la señal de vibración
 25 resultante puede detectarse temporalmente próxima a cuándo se usa la señal para generar la vibración, asimismo puede mejorarse la relación señal a ruido.

Una implementación de realizaciones de la invención en un ejemplo comprende una pluralidad de componentes tal como uno o más componentes electrónicos, componentes de hardware, y/o componentes de software. Un número
 30 de dichos componentes puede combinarse o dividirse en una implementación de realizaciones de la invención. Un componente de ejemplo de una implementación de las realizaciones de la invención emplea y/o comprende un conjunto y/o serie de instrucciones de ordenador escritas en o implementadas con cualquiera de un cierto número de lenguajes de programación, como se apreciará por los expertos en la materia.

Una implementación de las realizaciones de la invención en un ejemplo emplea uno o más medios de almacenamiento legibles por ordenador. Un ejemplo de un medio de soporte de señal legible por ordenador para una implementación de realizaciones de la invención comprende en medio de almacenamiento de datos grabable del reconstructor de imagen 34, y/o el dispositivo de almacenamiento masivo 38 del ordenador 36. Un medio de almacenamiento legible por ordenador para una implementación de las realizaciones de la invención en un ejemplo
 40 comprende uno o más de entre un medio de almacenamiento de datos magnético, eléctrico, óptico, biológico y/o atómico. Por ejemplo, una implementación de medio de soporte de señal legible por ordenador comprende discos flexibles, cintas magnéticas, CD-ROM, DVD-ROM, unidades de disco duro, y/o memoria electrónica.

De acuerdo con una realización de la invención un circuito de potencia configurado para generar y distribuir potencia eléctrica en CC, el circuito de potencia incluye un sistema fotovoltaico (FV) que incluye una matriz del módulos FV eléctricamente acoplados a una caja combinadora, y un inversor situado para recibir la potencia eléctrica en CC desde la matriz de módulos FV y producir la salida de una potencia eléctrica en CA. El sistema FV incluye también un generador de señal acoplado a una primera parte del sistema FV, y un detector de señal acoplado a una segunda parte del sistema FV, configurado el detector de señal para detectar señales secundarias generadas en una
 50 conexión floja de una unión eléctrica en el sistema FV, en el que las señales secundarias son el resultado de una señal generada por el generador de señal.

De acuerdo con otra realización de la invención, un método de fabricación de un sistema de detección de una conexión floja en un circuito fotovoltaico (FV) incluye fijar un generador de señal al circuito FV de modo que una
 55 señal generada desde el mismo pase a un detector de señal fijado al circuito FV, y fijar el detector de señal al circuito FV para detectar señales secundarias generadas en una conexión floja dentro del circuito FV que son el resultado de la señal generada por el generador de señal.

De acuerdo con otra realización más de la invención, un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene almacenadas en él un programa de ordenador que comprende instrucciones, que, cuando se ejecutan por un ordenador, hacen que el ordenador genere una señal de origen en un generador de señal que se fija a un circuito de potencia eléctrica fotovoltaica (FV) de modo que la señal de origen generada desde el mismo pasa al menos a una conexión eléctrica entre componentes eléctricos del circuito de potencia eléctrica FV, detecta la señal de origen usando un detector de señal que se posiciona para recibir la señal de origen, y detecta una señal secundaria usando
 60 el detector de señal, generada la señal secundaria en la conexión eléctrica que es el resultado de una conexión floja de los componentes eléctricos en la conexión eléctrica.

Una contribución técnica para el método y aparato divulgado es que proporciona un aparato y método implementado por ordenador para la detección de una conexión eléctrica floja en un sistema fotovoltaico (FV).

- 5 Mientras que la invención se describe en detalle en conexión solamente con un número limitado de realizaciones, debería entenderse claramente que la invención no está limitada a dichas realizaciones divulgadas. En consecuencia, la invención no debe verse como limitada por la descripción precedente, sino solo limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de potencia (400) configurado para generar y distribuir potencia eléctrica en CC, comprendiendo el sistema de potencia;

5 un sistema fotovoltaico, "FV", (100) que comprende:
 una matriz (104) de módulos FV (102; 406) eléctricamente acoplada a una caja combinadora (108); y
 un inversor (116; 316; 402) posicionado para recibir la potencia eléctrica en CC desde la matriz (104) de
 10 módulos FV (102) y producir la salida de la potencia eléctrica en CA (118);

un generador de señal (220; 320; 414) acoplado a una primera parte del sistema FV (100),
 caracterizado por que el generador de señal es un generador acústico configurado para generar una primera
 15 señal como una señal acústica; y por que el sistema de potencia (400) incluye además:
 un detector de señal (222; 322; 416) acoplado a una segunda parte del sistema FV (100), configurado el
 detector de señal para detectar segundas señales generadas en una conexión floja (232) de una unión
 eléctrica en el sistema FV en respuesta a la señal acústica, en el que las segundas señales son resultado de
 una señal acústica generada por el generador de señal (220; 320)
 20 en el que el generador de señal (220; 320; 414) y el detector de señal (222; 322; 416) se posicionan de modo
 que la señal acústica generada por el generador de señal y detectada por el detector de señal acústica no
 pasa a través de la conexión floja (232) sino que pasa a uno o más componentes eléctricos adyacentes a la
 conexión floja en la que se generaron las segundas señales detectadas.

25 2. El sistema de potencia de la reivindicación 1 en el que el generador de señal (220; 320) se configura para generar
 una señal acústica como uno de:

un tono de frecuencia constante; y
 un silbido acústico que tiene un espectro de frecuencias acústicas audibles superpuestas en él.

30 3. El sistema de potencia de la reivindicación 2 que comprende adicionalmente un combinador maestro (112) que
 tiene una barra de bus maestra (204; 302, 304), teniendo la barra de bus maestra la caja combinadora (108)
 eléctricamente acoplada a la misma, en el que la barra de bus maestra comprende la primera parte del sistema FV
 (100), y en el que la segunda parte del sistema FV es un componente que está dentro del combinador maestro.

35 4. El sistema de potencia de la reivindicación 3 en el que la caja combinadora (108) se conecta eléctricamente al
 combinador maestro (112) a través de una trenza de cobre de modo que las señales acústicas no se propaguen a
 través de la trenza de cobre.

40 5. El sistema de potencia de la reivindicación 2 en el que:
 la caja combinadora (108) comprende una barra de bus metálica (204; 302, 304) que tiene cadenas individuales
 de módulos FV, de la matriz (104) de módulos FV (102), acoplados a la misma para formar la unión eléctrica que
 tiene la conexión floja (232); y
 45 la segunda parte es una segunda superficie de la barra de bus metálica (204; 302; 304), en la que se acopla
 acústicamente el detector de señal (222; 322; 416) a la segunda superficie y se configura para detectar la señal
 acústica que pasa a través de la barra de bus metálica.

50 6. El sistema de potencia de la reivindicación 5 en el que la primera parte es una primera superficie de la barra de
 bus metálica (204; 302, 304), en el que el generador de señal (220; 320; 414) es un generador de señal acústica
 acoplado acústicamente a la primera superficie y posicionado para generar la señal acústica que pasa a través de la
 barra del bus, en el que el detector de señal (222; 322; 416) se posiciona para detectar vibraciones acústicas como
 las segundas señales que se generan en la conexión floja (232), y configurado para producir la salida de una señal
 55 eléctrica que se corresponde con las vibraciones acústicas detectadas.

7. Un método de fabricación de un sistema de detección de una conexión floja para un sistema de potencia (400)
 configurado para generar y distribuir potencia eléctrica en CC y que comprende un sistema fotovoltaico, "FV",
 comprendiendo el método:

60 fijar un generador de señal (220; 320; 414) a una primera parte del sistema FV de modo que una señal generada
 desde el mismo pase a un detector de señal (222; 322; 416) fijado al sistema FV,
 en el que el generador de señal se configura para generar una vibración acústica tanto por un silbido que tiene
 un espectro de componentes de frecuencia audible superpuestos en él o como por un tono de frecuencia
 constante que se barre a través de un intervalo de frecuencias durante la operación,
 65 y en el que el detector de señal es un detector de señal acústica; y

fijar el detector de señal (222; 322; 416) a una segunda parte del sistema FV para detectar segundas señales generadas en una conexión floja (232) dentro del sistema FV que son resultado de la vibración acústica generada por el generador de señal;

5 en el que el generador de señal (220; 320; 414) y el detector de señal (222; 322; 416) se posicionan de modo que la vibración acústica generada por el generador de señal y detectada por el detector de señal acústica no pasa a través de la conexión floja (232) sino que pasa a uno o más componentes eléctricos adyacentes a la conexión floja en la que se generan las segundas señales detectadas.

8. El método de la reivindicación 7 que comprende adicionalmente:

10 configurar un controlador (120) para supervisar el detector de señal (222; 322; 416) para:

determinar un estado de la conexión eléctrica basándose en las señales detectadas en el detector de señal; y
indicar a un usuario el estado de la conexión eléctrica como una de entre una no falta, una falta, y una advertencia de posible falta.

15 9. El método de la reivindicación 7 en el que el sistema FV comprende:

una primera pluralidad de módulos solares (102) conectados en serie para formar una primera cadena (104);
una segunda pluralidad (102) de módulos solares conectados en serie para formar una segunda cadena (104);
20 una caja combinadora (108) que tiene la primera cadena (104) conectada en paralelo con la segunda cadena (104);

un combinador maestro (112) que tiene la caja combinadora (108) conectada en paralelo con al menos otra caja combinadora (108); y

un inversor de potencia (116, 316, 402);

25 en el que el método comprende además:

configurar el inversor de potencia (116; 316; 402) para recibir potencia en CC desde el combinador maestro (112) y producir una salida de una corriente en CA (118);

30 en el que la conexión eléctrica se forma en o entre componentes de una de las cadenas (104), la caja combinadora (108), el combinador maestro (112), y el inversor de potencia (116).

FIG. 1

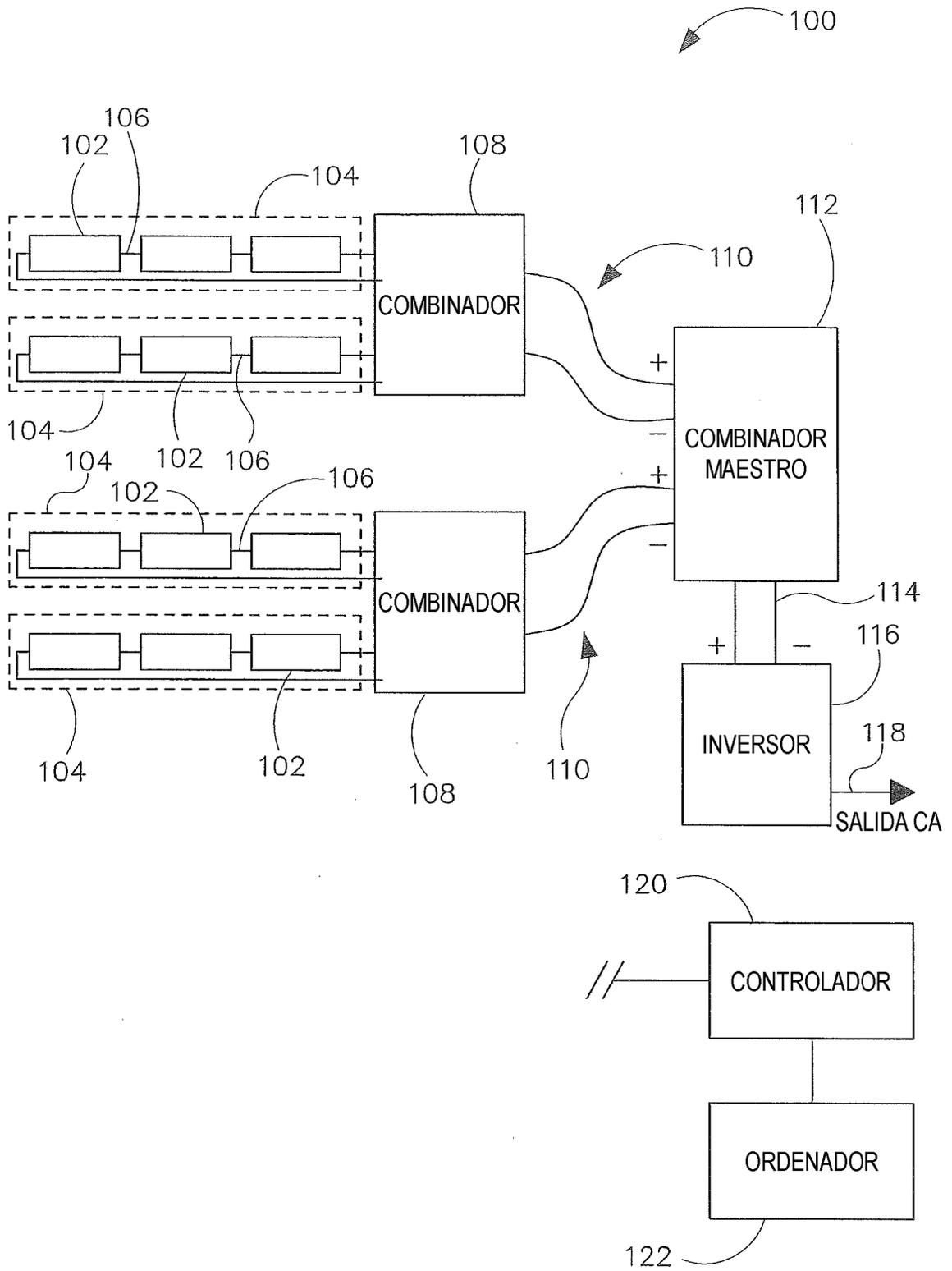


FIG. 2

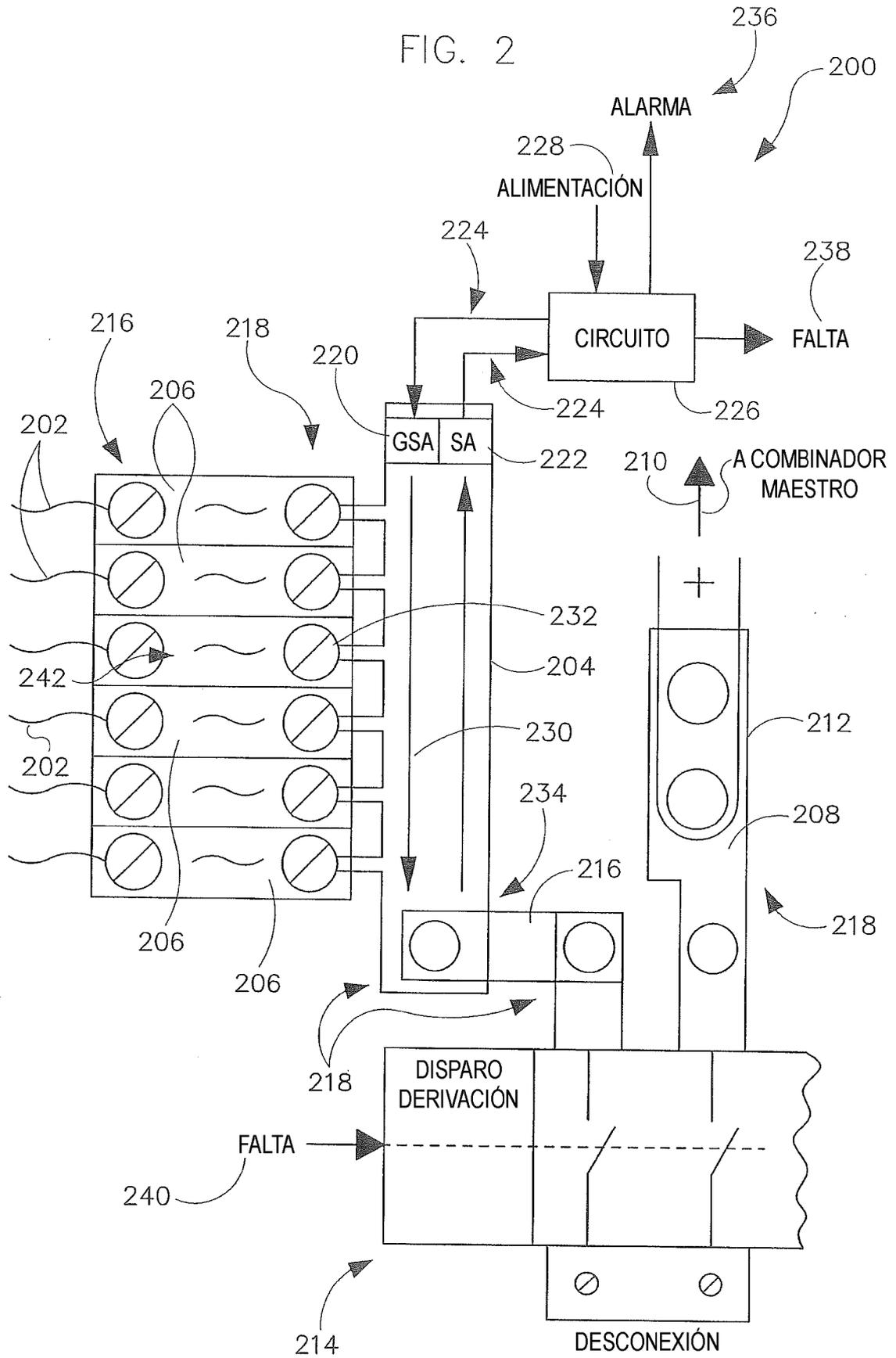


FIG. 4

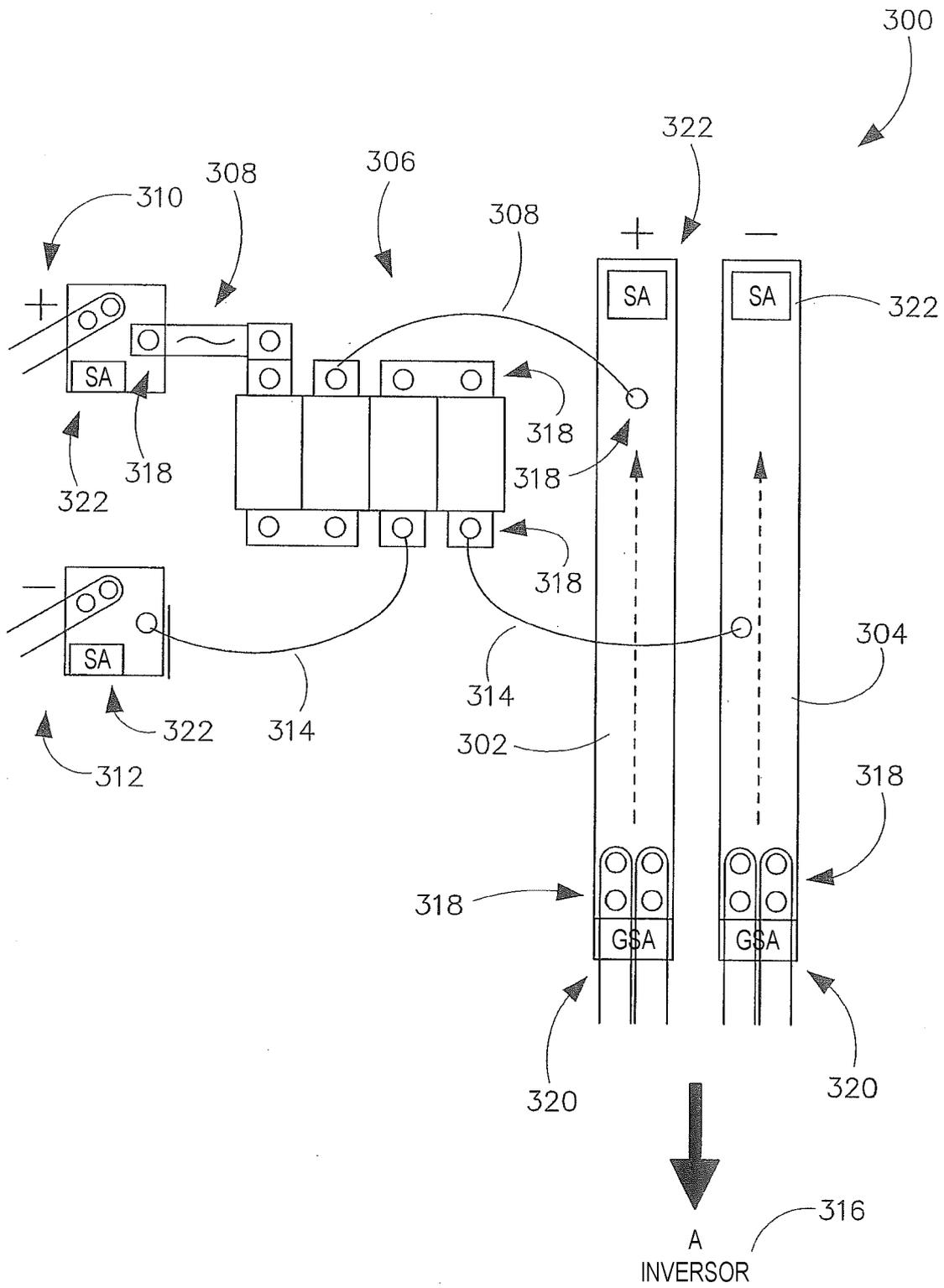


FIG. 5

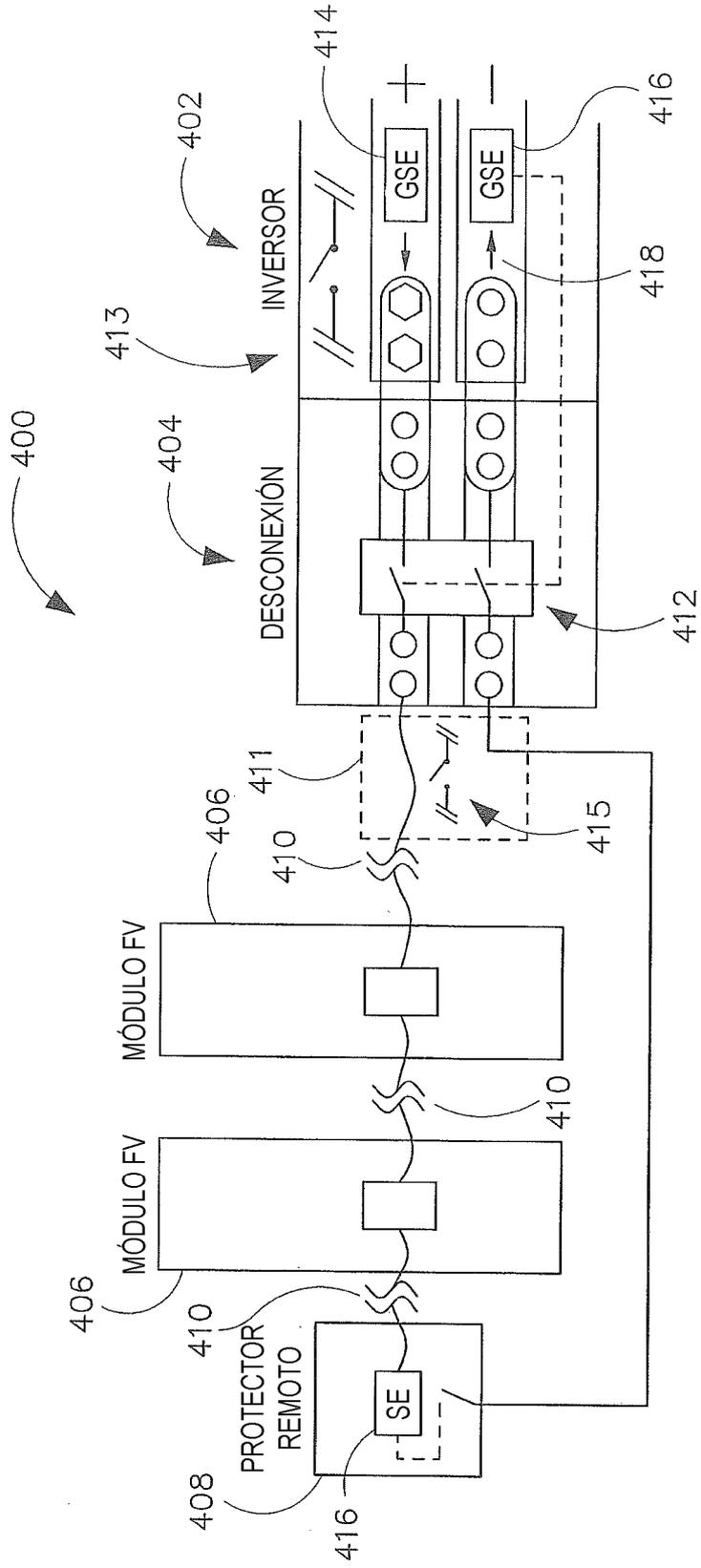


FIG. 6

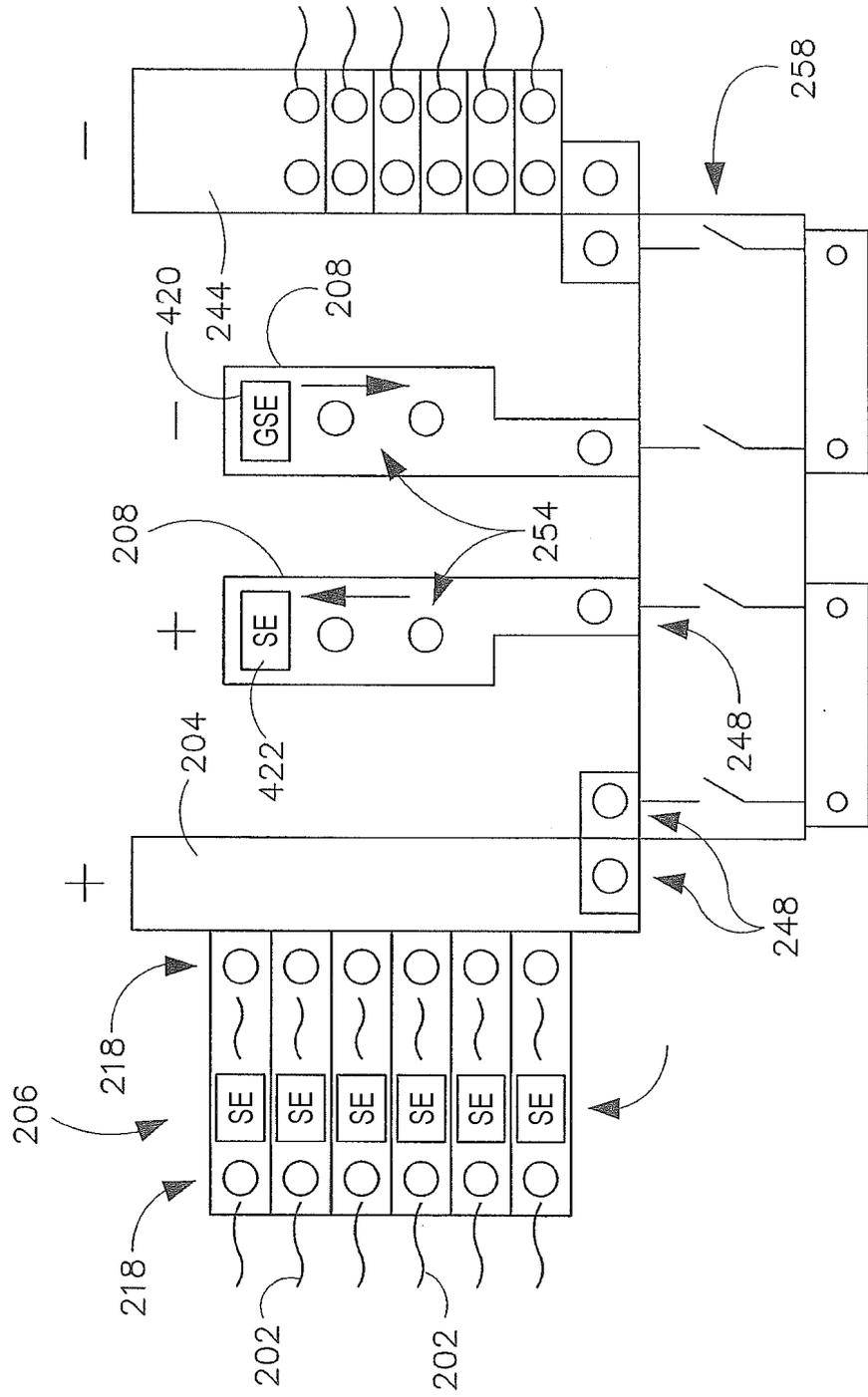


FIG. 7

