

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 743**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

H02H 3/16 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.01.2012 PCT/DK2012/050023**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.07.2012 WO12097825**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2012 E 12704663 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2665929**

54 Título: **Circuito y procedimiento de detección de fallos en una turbina eólica**

30 Prioridad:

21.01.2011 DK 201107732 P
21.01.2011 US 201161434890 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.09.2017

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

LUO, XUE WEN;
TUMABCAO, MICHAEL CASEM y
PARKHOU, MASOUD

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 633 743 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 y procedimiento de detección de fallos en una turbina eólica

Antecedentes y campo de la invención

La invención se refiere a un circuito y un procedimiento de detección de fallos en una turbina eólica.

5 Se conoce el uso de sensores de corriente en sistemas de conversión de potencia para determinar la presencia de fallos a tierra que puedan provocar una pérdida de potencia y crear riesgos en la seguridad. Un enfoque común a la hora de detectar fallos a tierra de un convertidor de potencia trifásica es sumar las salidas de corriente del convertidor de potencia. Un resultado deseado se obtiene cuando las corrientes de salida están equilibradas, es decir, las corrientes de salida están desfasadas 120° entre sí y tienen la misma magnitud, y las corrientes de salida se cancelan entre sí para dar como resultado un valor de corrientes sumadas igual a cero. Por otro lado, si hay una fuga de corriente en el convertidor de potencia, una lectura distinta de cero se registra en la salida del convertidor de potencia, y esto es una indicación de una posible fallo a tierra.

10 Sin embargo, un procedimiento de este tipo para detectar fallos a tierra puede no resultar preciso o fiable debido al ruido creado por el conmutador del convertidor que está acoplado a través de un disyuntor (CB). El ruido se propaga habitualmente a través de parámetros de dispersión (inductancia o capacitancia dispersa) dentro o fuera del CB.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un circuito y un procedimiento de detección de fallos en una turbina eólica que aborden al menos una de las desventajas de la técnica anterior y/o que ofrezcan al público una alternativa útil.

20 El documento JP 2008 245465 desvela que en un detector de fallos a tierra, una salida de valor de corriente de un detector de corriente se introduce en un circuito de rectificación a través de un circuito de filtrado.

El documento US 5 568 373 da a conocer un convertidor de potencia de estado sólido que usa una estructura de puente de transistores y modulación de simetría para ofrecer estabilidad cuando se activan cargas resonantes.

Sumario de la invención

25 En general, la invención propone medir o detectar de manera directa una corriente a tierra real y usar la corriente a tierra real detectada para determinar si se ha producido o no una situación de fallo.

En una primera expresión específica de la invención, se proporciona una turbina eólica como la definida en la reivindicación 1 adjunta.

En una segunda expresión específica de la invención, se proporciona un procedimiento de detección de fallos para una turbina eólica, como el definido en la reivindicación 16 adjunta.

30 Una ventaja del modo de realización descrito es que permite una medición más precisa de la corriente a tierra real y, por tanto, una identificación más fiable y precisa de situaciones de fallo.

A continuación se describirán características preferidas en función de la primera expresión, pero debe apreciarse que estas características también pueden aplicarse a la segunda expresión de la invención.

35 El magnetómetro está configurado para medir una componente de corriente alterna (CA), así como una componente de corriente continua (CC) de la corriente a tierra. De esta manera se obtiene una medición más fiable. El magnetómetro puede acoplarse directamente a una barra colectora, y la barra colectora puede estar dispuesta para acoplar eléctricamente el convertidor de potencia al elemento de tierra.

40 El magnetómetro puede acoplarse a través de una ranura de la barra colectora y puede configurarse para medir parcialmente la corriente a tierra para obtener la corriente a tierra real. De esta manera, esto reduce la impedancia de tierra y la disposición es particularmente adecuada para medir corrientes inferiores a 200A. Como alternativa, el circuito de detección de fallos en una turbina eólica puede comprender un circuito magnético dispuesto para detectar un campo magnético creado por la corriente a tierra que fluye a través de una barra colectora. La barra colectora puede estar dispuesta para acoplar eléctricamente el convertidor de potencia al elemento de tierra. Esto permite que el magnetómetro mida el campo magnético para medir la corriente a tierra, y esta disposición alternativa es particularmente útil para medir corrientes superiores a 200A.

La barra colectora puede estar dispuesta para acoplarse eléctricamente al convertidor de potencia a través de un armario de convertidor de potencia, o directamente al convertidor de potencia.

De manera ventajosa, el magnetómetro incluye un sensor de efecto Hall. El circuito puede comprender un disparador en derivación dispuesto para abrir un disyuntor cuando se detecta una fallo a tierra.

50 En un ejemplo, el comparador puede incluir un amplificador operacional. En otro ejemplo, el circuito puede

- comprender un dispositivo de sensor de corriente dispuesto para medir una corriente de salida trifásica proporcionada por el convertidor de potencia y, en este caso, el comparador puede incluir un procesador configurado para procesar la corriente a tierra real y la corriente de salida trifásica del convertidor de potencia. Preferiblemente, el procesador está configurado para sumar la corriente trifásica para producir una salida de corriente resultante.
- 5 Además, el procesador puede estar configurado para comparar la corriente a tierra real y la salida de corriente resultante con una referencia. En función de la comparación, el procesador puede configurarse para indicar una situación de descarga parcial cuando la corriente a tierra real es inferior a la referencia y la salida de corriente resultante es superior a la referencia. Si se produce una situación de descarga parcial, el procesador puede configurarse para transmitir la situación de descarga parcial a un sistema de diagnóstico para su análisis.
- 10 Como primera alternativa, el procesador puede configurarse para indicar una situación de error de medición cuando la corriente a tierra real es superior a la referencia y la salida de corriente resultante es inferior a la referencia. Como segunda alternativa, el procesador puede configurarse para indicar una situación de fallo a tierra cuando la corriente a tierra real es superior a la referencia y la salida de corriente resultante es superior a la referencia. Si se produce una situación de fallo a tierra, el procesador puede configurarse para controlar un disparador en derivación para abrir un disyuntor.
- 15 El circuito de detección de fallos puede formar parte de un sistema de diagnóstico de turbina eólica, un disyuntor o una turbina eólica.
- El procedimiento de detección de fallos puede comprender proporcionar un magnetómetro para medir la corriente a tierra.
- 20 Cuando el magnetómetro está acoplado a través de una ranura de la barra colectora, el procedimiento de detección de fallos puede comprender que el magnetómetro mida parcialmente la corriente a tierra para obtener la corriente a tierra real.
- El procedimiento de detección de fallos puede comprender controlar un disparador en derivación para abrir un disyuntor cuando se detecta un fallo a tierra.
- 25 El procedimiento de detección de fallos puede comprender comparar la corriente a tierra real con una referencia para determinar la presencia de un fallo. La comparación puede realizarse mediante un amplificador operacional. El procedimiento de detección de fallos puede comprender medir las corrientes de salida trifásicas del convertidor de potencia. Las corrientes de salida trifásicas pueden sumarse para producir una salida de corriente resultante. La corriente a tierra real y la salida de corriente resultante pueden compararse con la referencia.
- 30 Cuando la corriente a tierra real es inferior a la referencia y la salida de corriente resultante es superior a la referencia, el procedimiento puede comprender además indicar una situación de descarga parcial. La situación de descarga parcial puede transmitirse a un sistema de diagnóstico para su análisis. Cuando la corriente a tierra real es superior a la referencia y la salida de corriente resultante es inferior a la referencia, el procedimiento puede comprender además indicar una situación de error de medición. Cuando la corriente a tierra real es superior a la referencia y la salida de corriente resultante es superior a la referencia, el procedimiento puede comprender además indicar una situación de fallo a tierra.
- 35

Breve descripción de los dibujos

- Un modo de realización de la invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- 40 la Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una visión general de un sistema eléctrico de una turbina eólica que incluye un convertidor de potencia según un modo de realización de la invención;
- la Figura 2 es una representación esquemática aumentada del convertidor de potencia de la Figura 1, que incluye un circuito de detección de fallos;
- la Figura 3 ilustra cómo un sensor de efecto Hall del circuito de detección de fallos de la Figura 2 está eléctricamente conectado entre el convertidor de potencia y tierra para detectar una corriente a tierra real;
- 45 la Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra un primer ejemplo de procesamiento de la corriente a tierra real para determinar la presencia de una situación de fallo;
- la Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un segundo ejemplo de procesamiento de la corriente a tierra real mediante el uso de un procesador para determinar la presencia de una situación de fallo;
- 50 la Figura 6 muestra el convertidor de potencia de la Figura 2, que incluye corrientes de salida trifásicas del convertidor de potencia;
- la Figura 7 muestra un algoritmo llevado a cabo por el procesador de la Figura 5 para determinar la presencia de una situación de fallo; y

la Figura 8 ilustra una configuración alternativa del sensor de efecto Hall con respecto a la disposición de la Figura 3.

Descripción detallada del modo de realización preferido

5 La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una visión general de un sistema eléctrico 100 de una turbina eólica según un modo de realización de la invención. El sistema eléctrico 100 incluye un generador 102 configurado para convertir en energía eléctrica la energía mecánica obtenida por el giro de las aletas de rotor (no mostradas) de la turbina eólica. Como se observará, puede usarse una caja de engranajes para aumentar la baja velocidad de rotación de la aletas de rotor a una velocidad de rotación más alta adecuada para hacer funcionar el generador 102. La caja de engranajes puede omitirse si el generador 102 es un generador multipolo adaptado para recibir la baja velocidad de rotación de las aletas de rotor.

10 El generador 102 de este modo de realización es un generador síncrono de imán permanente. Como alternativa, el generador puede ser un generador síncrono alimentado por una o dos vías, un generador de inducción o cualquier otro tipo de generador que comprenda un devanado de estátor. Normalmente, el sistema eléctrico 100 está dispuesto en una góndola (no mostrada) de la turbina eólica.

15 Le energía eléctrica del generador 102 se proporciona como una tensión de corriente alterna (CA) trifásica, y esta tensión se transmite a un filtro diferencial 104 para suavizar la tensión a través de un primer conjunto de conmutadores 106. La salida filtrada del filtro diferencial se introduce en un convertidor de potencia 108 para acondicionar la energía eléctrica proporcionada por el generador 102. El convertidor de potencia 108 comprende un convertidor CA/CC 110 acoplado a un convertidor CC/CA 112 a través de un enlace CC 114. El convertidor CA/CC 110 está configurado para convertir la tensión CA filtrada en tensión CC, la cual se proporciona al enlace CC 114. El enlace CC 114 incluye un condensador CC 116 para suavizar la potencia mediante la reducción las ondulaciones de tensión en el enlace CC 114. El convertidor CA/CC 110 y el convertidor CC/CA 112 comprenden una pluralidad de dispositivos de conmutación electrónicos y, en este modo de realización, transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), para llevar a cabo las funciones de conversión de tensión. Los convertidores de potencia son ampliamente conocidos en la técnica, y pueden usarse otros dispositivos de conmutación, tales como transistores de carburo de silicio, transistores de efecto de campo de metal-óxido semiconductor (MOSFET), tiristores de apagado por puerta (GTO), transistores bipolares de unión (BJT) o tiristores.

25 También son posibles otras topologías de sistema eléctrico o de convertidor de potencia. Además, cabe señalar que el sistema eléctrico 100 puede comprender una pluralidad de convertidores de potencia, a los que puede hacerse referencia conjuntamente y pueden funcionar como un único convertidor de potencia.

30 El convertidor CC/CA 112 está configurado para invertir la tensión CC en el enlace CC 114 pasando a ser una tensión CA regulada. El sistema eléctrico 100 incluye inductores de equilibrio 118 para filtrar la tensión CA regulada, por ejemplo suprimiendo armónicos de orden superior antes de introducir la tensión CA regulada en un segundo conjunto de conmutadores 120, que funcionan como un disyuntor (D). Cuando el segundo conjunto de conmutadores 120 está cerrado introduce la tensión CA regulada en un transformador principal 122 que transforma la tensión CA regulada en tensión CA adecuada para su transmisión a una red eléctrica (no mostrada). Como se muestra en la Figura 1, pueden usarse filtros de red 124, a través de un tercer conjunto de conmutadores 126, para filtrar la tensión del segundo conjunto de conmutadores 120 para mantener las interferencias o las distorsiones de armónicos a bajo nivel antes de transmitir la tensión al transformador principal 122.

40 Debe apreciarse que aunque el filtro diferencial 104, los inductores de equilibrio 118, el conjunto de conmutadores 106, 120, 126 y el filtro de red 124 se ilustran separados del convertidor de potencia 108, estos componentes pueden considerarse parte del convertidor de potencia 108.

45 La Figura 2 es una representación esquemática del convertidor de potencia 108 de una turbina eólica. Según el modo de realización, el convertidor de potencia 108 está alojado dentro de un armario de convertidor 107. El armario de convertidor 107 está montado en el suelo 111 de la gacela, y un aislante eléctrico 109 está dispuesto entre el armario de convertidor 107 y el suelo 111. En este modo de realización, el sistema eléctrico 100 incluye un circuito de detección de fallos 200 acoplado eléctricamente entre el armario de convertidor 107 y tierra 204 a través de una barra colectora 201. Tierra 204 es un circuito de puesta a tierra que acopla el suelo 111 de la góndola a una conexión física directa a masa o a cualquier otro sistema de puesta a tierra adecuado. Debe observarse que el armario de convertidor 107 está diseñado para permitir una trayectoria con la impedancia más baja a tierra 204 a través del circuito de defección de fallos 200. Se concibe que el circuito de detección de fallos 200 pueda acoplarse directamente entre el convertidor de potencia 108 y tierra 204.

50 La Figura 3 muestra una disposición esquemática del circuito de detección de fallos 200 de la Figura 2, que incluye un magnetómetro y, en este modo de realización, el magnetómetro adopta la forma de un sensor de efecto Hall 202. El sensor de efecto Hall 202 está acoplado entre el armario de convertidor de potencia 107 y tierra 204 a través de la barra colectora 201, y está dispuesto para detectar o medir una corriente a tierra i_{tierra} . El sensor de efecto Hall tiene un conductor integrado (no mostrado) para permitir solamente que una parte de la corriente a tierra i_{tierra} pase a través del conductor integrado de modo que la impedancia de tierra total no se vea afectada por la presencia del sensor de efecto Hall y permanezca baja. La barra colectora 201 incluye una ranura 201a y el sensor de efecto Hall

202 está dispuesto a través de la ranura 201a como se muestra en la Figura 3 para permitir que una corriente a tierra parcial fluya hacia el conductor integrado del sensor de efecto Hall. Dicho de otro modo, si se considera que la corriente a tierra i_{tierra} del convertidor de potencia 108 comprende corrientes parciales i_{g1} e i_{g2} , la corriente parcial i_{g2} fluirá a través de la ranura 201 a través del conductor integrado del sensor de efecto Hall, y la otra corriente parcial i_{g1} fluirá a través de la barra colectora 201. Debido a la disposición baja impedancia de tierra mencionada anteriormente, las dos corrientes parciales i_{g1} e i_{g2} se suman entre sí para formar de nuevo la corriente i_{tierra} después del sensor de efecto Hall, la cual fluye a tierra 204.

Con la disposición anterior, esto permite que la puesta a tierra del convertidor a través del circuito de detección 200 siga siendo eficaz, lo que es particularmente ventajoso a la hora de detectar corrientes inferiores a 200A. Los terminales de entrada 202a, 202b corresponden respectivamente a los terminales V^+ y V^- del sensor de efecto Hall 202 y están acoplados a niveles de tensión apropiados para que el sensor de efecto Hall 202 detecte de manera precisa la corriente a tierra parcial i_{g2} como un corriente a tierra real I_g que pasa a través de la barra colectora 201 desde el convertidor de potencia 108 (es decir, a través del armario de convertidor de potencia 107) a tierra 204. La corriente a tierra real detectada I_g se convierte después en una salida de tensión V_{salida} en su terminal de salida 202c, que se usa para determinar la presencia de una situación de fallo. La situación de fallo puede ser un fallo a tierra que puede producirse en los siguientes casos:

- i. cuando cualquier tensión de línea de salida del convertidor de potencia 108 se cortocircuita con tierra;
- ii. la formación de un arco debido a rápidos y altos impulsos de tensión de los dispositivos de conmutación del convertidor CA/CC 110 o del convertidor CC/CA 112; o
- iii. cortocircuito con tierra debido a dispositivos de conmutación defectuosos del convertidor CA/CC 110 o del convertidor CC/CA 112.

En este modo de realización se proporcionan dos ejemplos para determinar la presencia de una situación de fallo.

Un primer ejemplo del procesamiento de la corriente a tierra real se muestra en la Figura 4, que utiliza principalmente dispositivos analógicos para el procesamiento. El circuito de detección de fallos 200 incluye un amplificador operacional 206 configurado como un comparador, donde la entrada positiva 206a del amplificador operacional está acoplada a la salida de tensión 202c del sensor de efecto Hall 202 a través de un filtro de ruido 203. La entrada negativa 206b del amplificador operacional está acoplada a una tensión de referencia (V_{ref}) de 2,5 V a través de una resistencia R_1 . Los terminales positivo y negativo de suministro de potencia del amplificador operacional están acoplados respectivamente a una fuente de tensión CC y a 0 V. De esta manera, esto crea una salida de amplificador operacional 206c que conmuta entre un valor alto y un valor bajo dependiendo de la tensión en la entrada positiva 206a del amplificador operacional 206 para controlar un circuito de conmutación 208. El circuito de detección de fallos 200 incluye además un circuito de compensación de realimentación 205 que proporciona un bucle de realimentación entre la salida de amplificador operacional 206c y la entrada positiva 206a.

El circuito de conmutación 208 incluye un transistor 210 configurado para activar un conmutador de relé 212. El conmutador de relé puede conectarse al UVR (disparador por mínima tensión) del CB 120 (véase la Figura 1) o al disparador en derivación del CB 120 para abrir rápidamente los contactos de potencia del CB 120 para aislar o interrumpir el flujo de potencia hacia el transformador principal 122. El conmutador de relé 212 puede estar aislado o no aislado. Ejemplos de un conmutador de relé aislado incluyen un solenoide o un optoaislador que proporciona un aislamiento entre el sensor de efecto Hall 202 y el CB 120, de modo que cuando se produce un fallo en el circuito de sensor, el CB 120 no resulta dañado. Si la velocidad de detección es importante, puede preferirse una conexión no aislada o directa con el CB 120.

Como se muestra en la Figura 4, la base 210a del transistor está conectada a la salida 206c del amplificador operacional, el emisor 210b del transistor está conectado a tierra o a cero voltios, y el colector 210c del transistor está conectado al conmutador de relé 212.

El circuito de detección de fallos 200 de la Figura 4 funciona de la siguiente manera. En este modo de realización, el sensor de efecto Hall 202 está configurado para detectar una corriente a tierra de 100 A y para proporcionar una tensión de 2,5 V en V_{salida} 202c, es decir, para cada 100A detectados se proporciona un valor de medición de 2,5 V. Esto está configurado para coincidir con la tensión de referencia de 2,5 V en la entrada negativa 206b del amplificador operacional 206. Normalmente, la tensión de referencia se fija entre 0 y 5 V para que se corresponda con los ajustes de tensión de la lógica de transistor. Sin embargo, tanto el amplificador operacional 206 como el sensor de efecto Hall 202 pueden estar configurados con cualquier ajuste razonable con el fin de detectar la corriente a tierra real I_g . Si no hay ninguna corriente a tierra I_{tierra} que fluya hacia tierra 204 o si la corriente a tierra real detectada I_g (es decir, i_{g2} en la Figura 3) se convierte en una tensión inferior a la referencia de tensión de 2,5 V, la salida del amplificador operacional 206c está a un valor bajo de 0 V aproximadamente. El transistor 210 está desconectado y el conmutador de relé 212 está en la posición cerrada. Por tanto, el convertidor de potencia 108 funciona de manera habitual.

Cuando el sensor de efecto Hall 202 detecta una corriente a tierra real I_g que se convierte en V_{salida} que es superior a la tensión de referencia en la entrada negativa 206b, la salida 206c del amplificador operacional conmuta a un

estado alto. Cuando esto sucede, el transistor 210 se enciende, lo que hace que el conmutador de relé 212 pase a la posición cerrada, la cual activa el CB 120 para desconectar el sistema eléctrico 100 del transformador principal 122. Dicho de otro modo, la detección de una corriente a tierra real I_g que supera los 2,5 V indica la presencia de situación de fallo que requiere interrumpir el CB 120 para proteger el convertidor de potencia 108.

- 5 El uso del sensor de efecto Hall 202 es particularmente ventajoso, ya que el sensor de efecto Hall 202 puede detectar la corriente a tierra real con una CC pulsatoria o incluso una corriente CA con una componente CC. De esta manera, el circuito de detección de fallos puede detectar una situación de fallo de una manera más fiable.

La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un segundo ejemplo de procesamiento de la corriente a tierra real I_g para determinar la presencia de una situación de fallo, que puede considerarse de manera genérica como un enfoque de procesamiento digital. Como se muestra en la figura 5, en lugar de un amplificador operacional 206 y un circuito de conmutación 208, este ejemplo incluye un comparador que comprende un procesador de dispositivo 250 configurado para recibir desde el sensor de efecto Hall 202 una medición de la corriente a tierra real I_g . Además, sensores de corriente (no mostrados) se usan para medir corrientes de línea trifásicas en la salida del convertidor de potencia 108, es decir, las salidas del convertidor CC/CA 112 del convertidor de potencia 108 (véase la Figura 1), y las corrientes de línea de salida están designadas como I_a , I_b e I_c , como se muestra en la Figura 6.

Las mediciones de las corrientes de línea de salida I_a , I_b e I_c se proporcionan asimismo al procesador 250, y las salidas 252, 254 del procesador 250 se usan para controlar un disparador en derivación de disyuntor 256 y también se proporcionan a un sistema de diagnóstico 258. La Figura 7 explica cómo las mediciones de la corriente a tierra real I_g y de las corrientes de línea I_a , I_b , I_c son procesadas por el procesador 250 para controlar el disparador en derivación de disyuntor 256 y se proporcionan al sistema de diagnóstico 258 para un análisis adicional.

Tras recibir las mediciones de la corriente a tierra real I_g y de las corrientes de línea I_a , I_b e I_c , el procesador 250 digitaliza las mediciones en 260 para generar valores de corriente discretos. Después, los valores de corriente se someten a un filtrado paso bajo en 262 para eliminar ruido de alta frecuencia no deseado. Además, las mediciones de corriente filtradas I_a , I_b e I_c se suman entre sí como $I_a+I_b+I_c$ en 264 para formar una salida de corriente resultante y analizarse junto con la medición de corriente a tierra real filtrada I_g .

En 264, el análisis implica comparar I_g e $I_a+I_b+I_c$ con un valor de referencia, I_r , para determinar situaciones de error, de la siguiente manera:

Escenario	Análisis	Posible situación de fallo
i.	Si $I_g < I_r$; e $(I_a+I_b+I_c) < I_r$.	No hay fallo.
ii.	Si $I_g < I_r$; e $(I_a+I_b+I_c) > I_r$.	Posible descarga parcial
iii.	Si $I_g > I_r$; e $(I_a+I_b+I_c) < I_r$.	Error de medición (cuando los otros indicadores de control son correctos)
iv.	Si $I_g > I_r$; e $(I_a+I_b+I_c) > I_r$.	Fallo a tierra

Debe apreciarse que la referencia de corriente I_r puede determinarse durante condiciones de funcionamiento habituales del sistema eléctrico 100, es decir, sin ningún fallo a tierra o situación de descarga parcial. También se concibe que las referencias I_r puedan determinarse durante una fase de diseño del sistema eléctrico 100 para establecer el valor de las referencias de corriente cuando el convertidor de potencia 108 está funcionando con normalidad (es decir, sin ninguna situación de fallo) y para establecer un nivel de tolerancia mínimo del sistema antes de que se produzca un fallo. Cuando se produce una situación de fallo, el cambio correspondiente en los valores I_g e $(I_a+I_b+I_c)$ se registran y se usan para determinar las referencias de corriente I_r .

- 35 En el caso del escenario (i), si los valores I_g e $(I_a+I_b+I_c)$ son inferiores al I_r respectivo, esto representa una "situación sin fallos" y el procesador 250 no toma ninguna medida preventiva.

En el escenario (ii), en el que $I_g < I_r$ e $I_a+I_b+I_c > I_r$, esto representa una posible situación de descarga parcial y, como se muestra en la Figura 7, el procesador 250 envía la información a un sistema de diagnóstico 258, el cual procesa la información y puede llevar a cabo acciones correctoras, por ejemplo para localizar la ubicación de la descarga parcial. Específicamente, el sistema de diagnóstico 258 incluye un banco de memorias en el que se almacena la información y que un usuario o un operario puede consultar in situ o de manera remota para obtener la información (por ejemplo, hora o día) del fallo o el error de medición. La descarga parcial puede estar en forma de una descarga interna (por ejemplo, provocada por un fallo de aislamiento en un condensador); descarga de

superficie (por ejemplo, provocada por un fallo de aislamiento en un conductor); descarga por efecto corona o árboles eléctricos.

En el escenario (iii), en el que $I_g > I_r$ e $(I_a+I_b+I_c) < I_r$, esto puede indicar un error de medición, y el procesador 250 puede enviar esta información o bien al sistema de diagnóstico 258 o al disparador en derivación de disyuntor 256.

- 5 En el escenario (iv), en el que $I_g > I_r$ e $(I_a+I_b+I_c) > I_r$, esto puede indicar que hay un fallo a tierra, y el procesador 250 controla entonces el disparador en derivación de disyuntor 256 para abrir e interrumpir el CB 120 (véase la Figura 1).

Usando la corriente a tierra real I_g y las corrientes de línea I_a , I_b , I_c , puede apreciarse que el circuito de detección de fallos 200 puede identificar situaciones de fallo de una manera más precisa y fiable.

- 10 El modo de realización descrito no debe considerarse limitativo. Por ejemplo, el sensor de efecto Hall 202 se describe para detectar la corriente a tierra real, pero se concibe que puedan usarse otros magnetómetros adecuados, tales como una bobina de Rogowski, siempre que la bobina de Rogowski esté adaptada para detectar o medir la corriente a tierra real desde tierra. Las Figuras 4 y 5 proporcionan dos ejemplos de cómo llevar a cabo un procesamiento para determinar situaciones de fallo, y debe apreciarse que pueden usarse otros procedimientos.

- 15 En el caso de la Figura 4, la referencia de tensión de 2,5 V es solamente un ejemplo y pueden usarse otras referencias de tensión dependiendo de la configuración eléctrica del convertidor de potencia 108 y/o del sistema eléctrico 100. Haciendo referencia a la Figura 7, aunque es preferible convertir las corrientes detectadas I_g , I_a , I_b , I_c a valores digitales, es posible analizar las corrientes detectadas de manera analógica.

Asimismo, el filtrado paso bajo en 262 de la Figura 7 puede no ser necesario si las señales están relativamente libres de ruido.

- 20 Se concibe que el CB 120 pueda comprender los sensores de corriente para medir las corrientes de línea de salida de convertidor de potencia I_a , I_b e I_c .

También se concibe que el disyuntor 120 pueda estar configurado para llevar a cabo una medición real de fallos a tierra. Esto debe describirse como un modo de realización que tiene tanto los sensores de corriente como un circuito de detección de fallos a tierra, y quizá una barra colectora que se extiende dentro y fuera del CB a tierra.

- 25 Como se ha explicado en el modo de realización descrito, la configuración de la Figura 3 es adecuada para medir corrientes bajas inferiores a 200A. Para altas corrientes superiores a 200A, puede ser preferible usar la configuración de la Figura 8, en la que una barra colectora 300 acopla eléctricamente el convertidor de potencia 108 (o través del armario de convertidor 107) a tierra 204. En lugar de que el sensor de efecto Hall 202 se acople directamente a la barra colectora 201 a través de la ranura 201a, un sensor de efecto Hall 302 está dispuesto para detectar un campo magnético generado por un núcleo magnético 301 dispuesto alrededor de la barra colectora 300. El núcleo magnético 301 está dispuesto para medir cualquier corriente a tierra i_{tierra} que fluya a través de la barra colectora 300 desde el convertidor de potencia 108 a tierra 204, y esta medición pasa a ser un campo magnético que es captado por el sensor de efecto Hall 302. De esta manera, el sensor de efecto Hall 302 está dispuesto para medir toda la corriente a tierra i_{tierra} como la corriente a tierra real I_g que fluye desde el convertidor de potencia 108 a tierra 204 (en lugar de parcialmente, como en la Figura 3). Asimismo, la V_{salida} del sensor de efecto Hall 302 se usa después para determinar la presencia de un fallo a tierra, y si se usa el circuito de la Figura 4, entonces la V_{salida} del sensor de efecto Hall 302 de la Figura 8 se conecta asimismo al terminal positivo 206a del amplificador operacional 206 de la Figura 4.
- 30
- 35

- 40 Después de haber descrito la invención, a los expertos en la técnica les resultará evidente que pueden realizarse muchas modificaciones en la misma sin apartarse del alcance reivindicado.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica, que comprende
un convertidor de potencia (108) dispuesto para recibir la potencia eléctrica de un generador eléctrico (102) y para proporcionar potencia eléctrica acondicionada, que comprende
- 5 una pluralidad de conmutadores eléctricos que funcionan a alta frecuencia,
el convertidor de potencia alojado en un armario de convertidor de potencia (107),
un circuito de detección de fallos(200) que comprende
un magnetómetro configurado para medir una corriente a tierra que fluye desde el armario de convertidor de potencia a un elemento de tierra (204), para obtener una corriente a tierra real; y
- 10 un comparador configurado para determinar la presencia de un fallo en función de la corriente a tierra real, donde el magnetómetro está configurado para medir una componente de corriente alterna, CA, así como una componente de corriente continua, CC, de la corriente a tierra.
2. Una turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el magnetómetro está acoplado directamente a una barra colectora (201), estando dispuesta la barra colectora para acoplar eléctricamente el armario de convertidor de potencia (107) al elemento de tierra (204), y donde el magnetómetro está acoplado a través de una ranura (201a) de la barra conductora, y está configurado para medir parcialmente la corriente a tierra para obtener la corriente a tierra real.
- 15 3. Una turbina eólica según la reivindicación 1, que comprende además un circuito magnético dispuesto para detectar un campo magnético creado por la corriente a tierra que fluye a través de una barra colectora (201), estando dispuesta la barra colectora para acoplar eléctricamente el armario de convertidor de potencia (107) al elemento de tierra (204), donde el magnetómetro está dispuesto para medir el campo magnético para medir la corriente a tierra.
- 20 4. Una turbina eólica según cualquier reivindicación anterior, en la que el magnetómetro incluye un sensor de efecto Hall (202).
- 25 5. Una turbina eólica según cualquier reivindicación anterior, que comprende además un disparador en derivación (256) dispuesto para abrir un disyuntor (120) cuando se detecta un fallo a tierra.
6. Una turbina eólica según cualquier reivindicación anterior, en la que el comparador incluye un amplificador operacional (206).
- 30 7. Una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además un dispositivo de sensor de corriente dispuesto para medir una corriente de salida trifásica del convertidor de potencia (108).
8. Una turbina eólica según la reivindicación 7, en la que el comparador incluye un procesador (250) configurado para procesar la corriente a tierra real y la corriente de salida trifásica del convertidor de potencia.
9. Una turbina eólica según la reivindicación 8, en la que el procesador (250) está configurado para sumar la corriente trifásica para producir una salida de corriente resultante.
- 35 10. Una turbina eólica según la reivindicación 9, en la que el procesador (250) está configurado para comparar la corriente a tierra real y la salida de corriente resultante con una referencia.
11. Una turbina eólica según la reivindicación 10, en la que el procesador (250) está configurado para indicar una situación de descarga parcial cuando la corriente a tierra real es inferior a la referencia y la salida de corriente resultante es superior a la referencia.
- 40 12. Una turbina eólica según la reivindicación 11, en la que el procesador (250) está configurado para transmitir la situación de descarga parcial a un sistema de diagnóstico (258) para su análisis.
13. Una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en la que el procesador (250) está configurado para indicar una situación de error de medición cuando la corriente a tierra real es superior a la referencia y la salida de corriente resultante es inferior a la referencia.
- 45 14. Una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en la que el procesador (250) está configurado para indicar una situación de fallo a tierra cuando la corriente a tierra real es superior a la referencia y la corriente de salida resultante es superior a la referencia.
15. Una turbina eólica según la reivindicación 14, en la que el procesador (250) está configurado para controlar un disparador en derivación (256) para abrir un disyuntor (120).

16. Un procedimiento de detección de fallos para una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento medir una corriente a tierra que fluye desde un armario de convertidor de potencia (107) que aloja un convertidor de potencia (108) hacia un elemento de tierra (204) para obtener una corriente a tierra real;

5 determinar la presencia de un fallo en función de la corriente a tierra real; y medir una componente de corriente alterna, CA, así como una componente de corriente continua, CC, de la corriente a tierra.

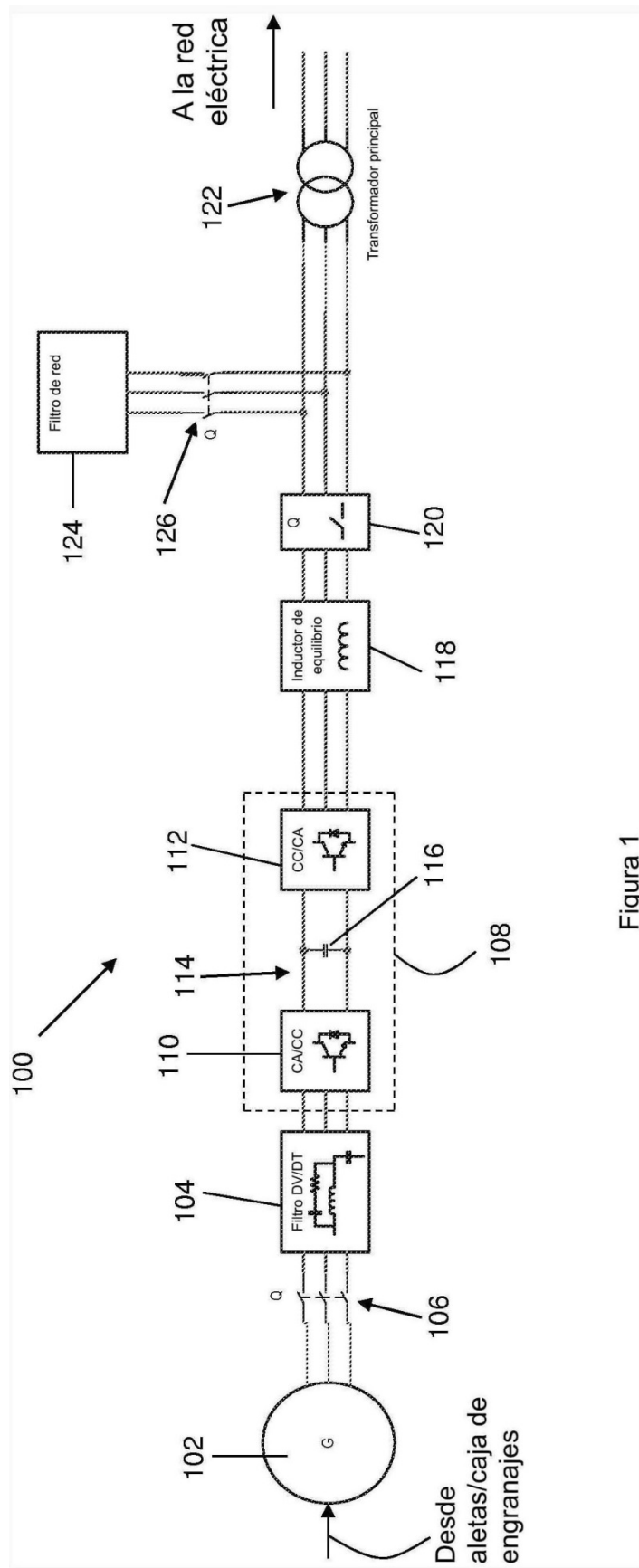
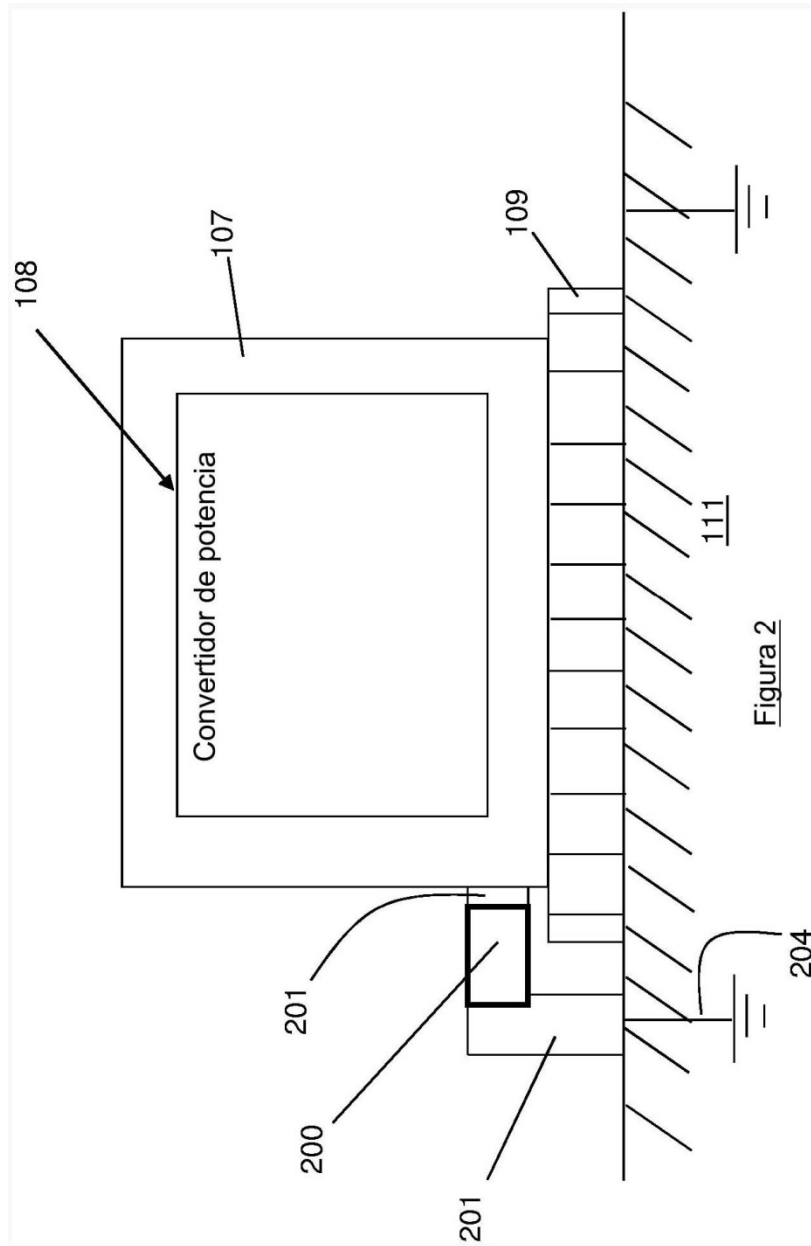


Figura 1



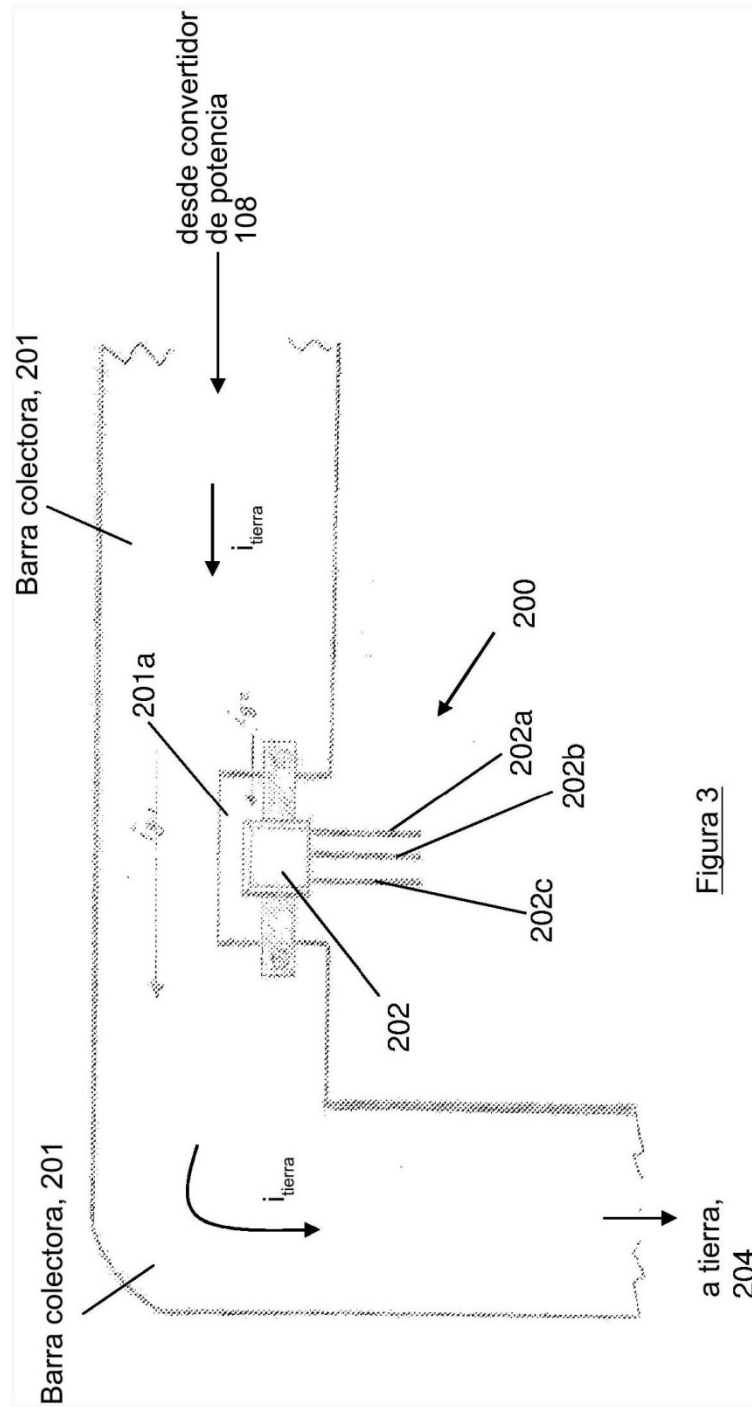


Figura 3

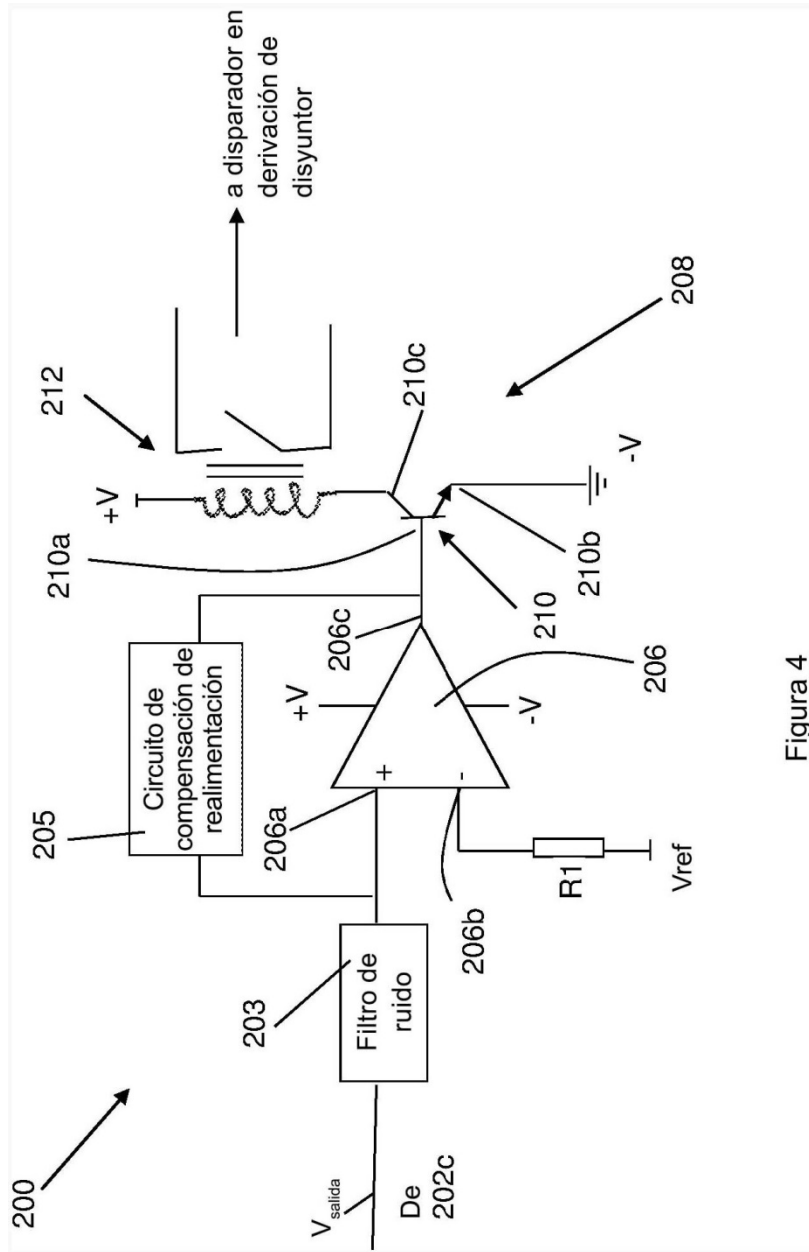


Figura 4

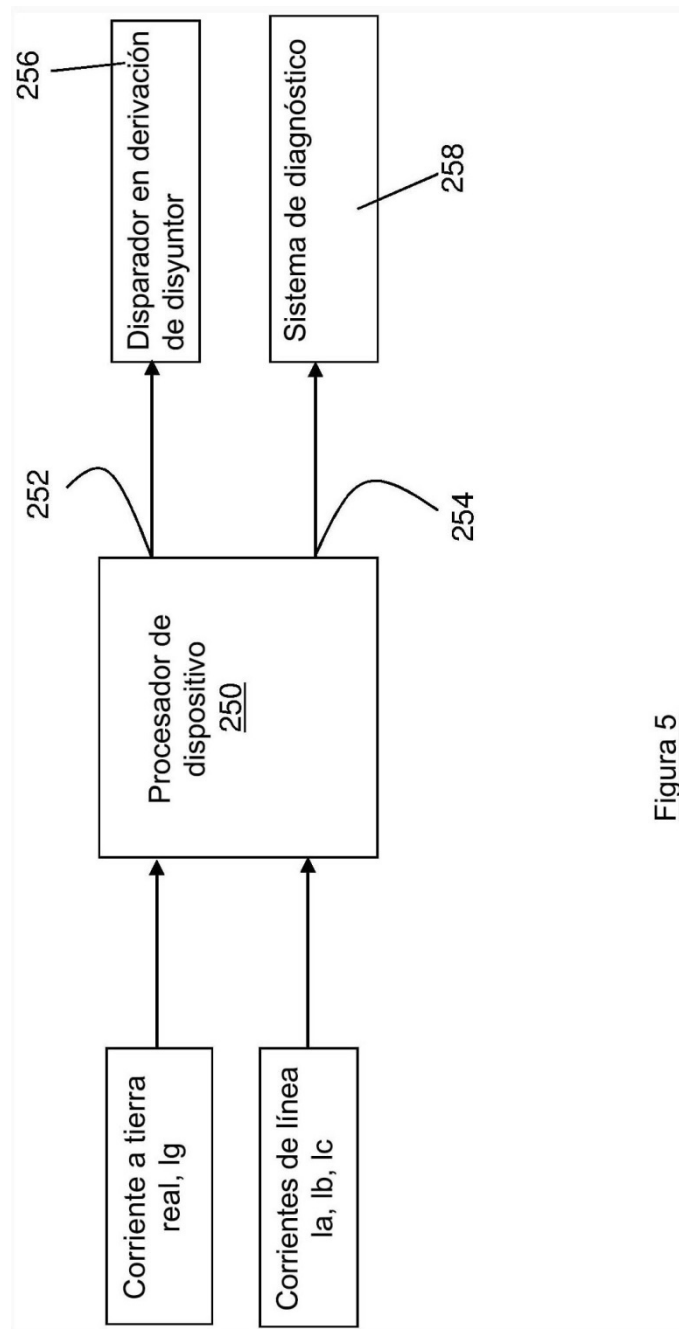


Figura 5

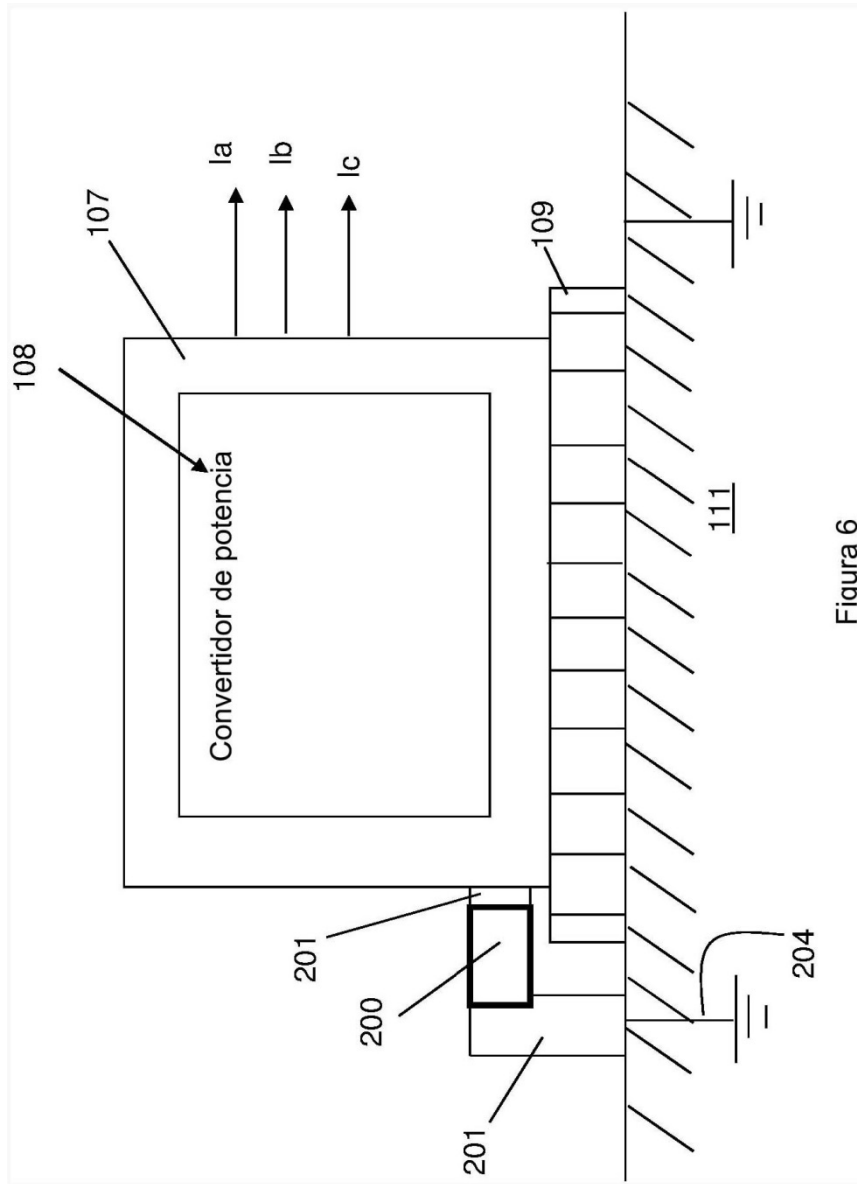


Figura 6

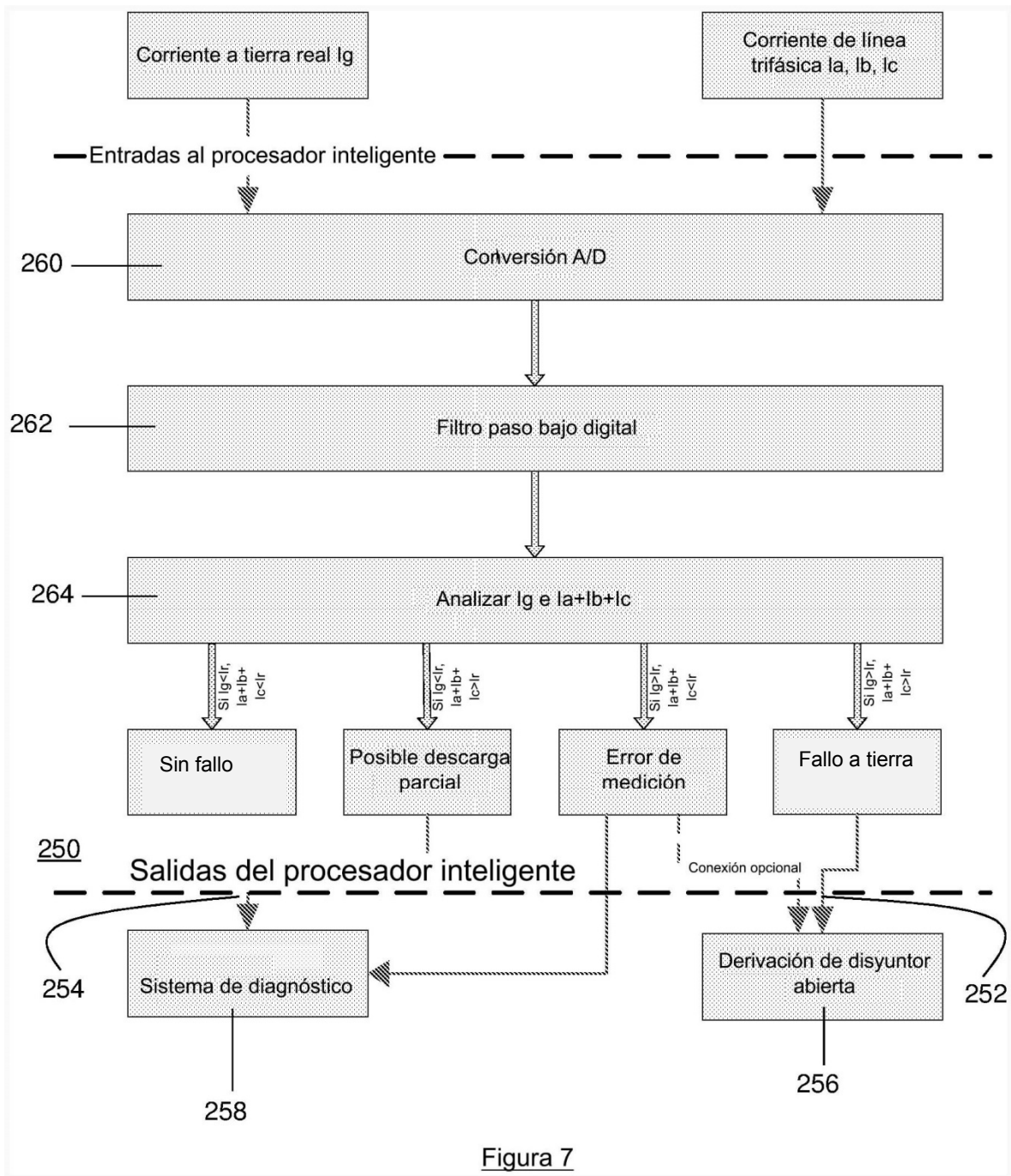


Figura 7

