

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 874 849**

21 Número de solicitud: 202130549

51 Int. Cl.:

**H02H 3/16** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**15.06.2021**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**05.11.2021**

Fecha de concesión:

**04.02.2022**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**11.02.2022**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu, nº 7  
28040 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**GUERRERO GRANADOS, José Manuel;  
ARANGO MANZARBEITIA, Ángel y  
PLATERO GAONA, Carlos Antonio**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE RAMA CON FALTA A TIERRA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE CORRIENTE CONTINUA CON VARIAS RAMAS EN PARALELO**

57 Resumen:

Sistema y método de localización de rama con falta a tierra en sistemas eléctricos de corriente continua con varias ramas en paralelo, mediante la medida de la corriente de cada rama paralelo del sistema de corriente continua, y mediante el cálculo de la variación relativa de corriente de cada rama al conmutar un elemento de puesta a tierra desde un punto energizado del sistema de corriente continua intermitentemente. La rama en falta se localiza como la rama que más variación relativa de corriente tiene entre las posiciones abierto y cerrado del elemento de conmutación que permite o no el retorno de la corriente de defecto.

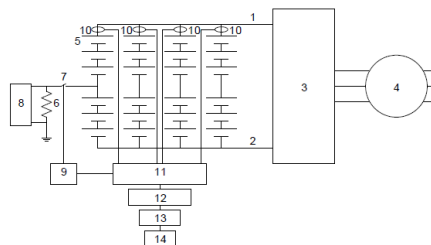


Fig. 1

ES 2 874 849 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

## DESCRIPCIÓN

### **SISTEMA Y MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE RAMA CON FALTA A TIERRA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE CORRIENTE CONTINUA CON VARIAS RAMAS EN PARALELO**

5

#### **OBJETO DE LA INVENCION**

Sistema y método de localización de rama con falta a tierra en sistemas eléctricos de corriente continua con varias ramas en paralelo basado en la medida de las corrientes de rama y en la puesta a tierra de una impedancia desde un punto eléctrico del sistema a través de un interruptor que conmuta permitiendo o no el retorno de la corriente de defecto una vez se produce una falta a tierra y que analiza las corrientes de cada rama para cada posición del interruptor.

La presente invención localiza la rama con defecto a tierra entre las distintas ramas en paralelo de un sistema de corriente continua pudiendo ser el sistema de ramas paralelo equilibrado o no equilibrado. Siendo así de aplicación preferente en sistemas de almacenamiento o generación en corriente continua, por ejemplo y sin carácter limitativo en baterías de coches eléctricos o paneles fotovoltaicos.

#### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Los sistemas de corriente continua están aumentando su presencia en los sistemas eléctricos de potencia debido a la inserción de nuevas capacidades de almacenamiento como las baterías o energía renovable como puede ser la energía solar fotovoltaica. A su vez, también se hacen más latentes en los vehículos, con la electrificación de estos mediante el uso de baterías.

Para obtener tensiones y corrientes de operación considerablemente elevadas, se han de instalar configuraciones serie-paralelo de elementos (por ejemplo en baterías o en plantas fotovoltaicas) que pueden dificultar el diagnóstico y protección frente a faltas eléctricas.

La protección frente a faltas eléctricas en el sistema eléctrico es de vital importancia para garantizar su buen funcionamiento y la seguridad del personal

de operación. El riesgo es considerable frente a faltas a tierra, que pueden provocar corrientes de falta entre dos puntos del circuito si la primera falta no se subsana a tiempo. Por lo que numerosos aparatos se han desarrollado para proteger instalaciones de corriente continua frente a este tipo de faltas, entre los  
5 que cabe citar:

- La invención US 20160336899 A1 "PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WITH ABNORMALITY DETECTION ARCHITECTURE" trata de localizar las faltas a tierra en o entre celdas midiendo la corriente diferencial entre cada una de las conexiones entre celdas.
- 10 - La invención US 9853443 B2 "ARC FAULT DETECTION AND EXTINGUISHING" trata de una protección para paneles solares con dos interruptores de conmutación que adquieren distintas posiciones durante el estado sano de operación o durante el estado en falta. La conmutación de estos interruptores permite extinguir faltas si se producen. Para el  
15 control de los interruptores se procede a un análisis probabilístico de frecuencia en ondas de corriente de rama a partir de un control PID (controlador proporcional, integral y derivativo) donde si la corriente es menor que un cierto valor calculado, la protección se dispara.
- El modelo de utilidad con número de publicación ES-1257934 U  
20 "SISTEMA DE DETECCIÓN DE FALTAS A TIERRA O CONTRA EL CHASIS EN SISTEMAS DE CORRIENTE CONTINUA CON INVERSORES ALIMENTADOS A PARTIR DE BATERÍAS" trata de una impedancia de puesta a tierra donde se registra corriente o tensión. Si el sistema detecta que la onda tiene componente de corriente continua, esto  
25 implica la existencia de una falta en corriente continua.
- El artículo técnico donde se expone la técnica del documento anterior: J. M. Guerrero, G. Navarro, C. A. Platero, P. Tian and F. Blázquez, "A Novel Ground Fault Detection Method for Electric Vehicle Powertrains Based on a Grounding Resistor Voltage Analysis," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 56, no. 5, pp. 4934-4944, Sept.-Oct. 2020.  
30
- En el método desarrollado en el artículo Yue Pan, Xuning Feng,

Mingxuan Zhang, Xuebing Han, Languang Lu, Mingguo Ouyang, ,“Internal short circuit detection for lithium-ion battery pack with parallel-series hybrid connections,” *Journal of Cleaner Production*, Volume 255, 2020, se detectan fallos internos en baterías mediante el análisis de las corrientes en varios puntos de cada rama. El fallo se detecta observando el desbalance de corrientes entre ramas.

Estas invenciones proveen de útiles métodos y sistemas de protección frente a faltas a tierra o cortocircuitos de celdas en caso de no haber podido subsanar la primera falta a tiempo. Las invenciones primera, segunda y quinta mencionadas anteriormente utilizan medidas de corriente en las ramas para poder caracterizar la falta. En la primera se utiliza un sistema diferencial por celda, y la segunda y la quinta se basan en el análisis en frecuencia de corriente y tensión en sistemas con neutro aislado. En cualquiera de estos casos existe el problema de requerirse mucha instrumentación de medida. La tercera de las invenciones propone un punto de referencia respecto a tierra en el sistema de corriente continua, sin embargo, no es capaz de detectar la rama de baterías que tendría el defecto en caso de topologías con más de una rama en paralelo.

La principal ventaja de la presente invención es la localización del defecto a tierra que se produce en una rama de fuentes de corriente continua, utilizando únicamente un punto conectado a tierra mediante una impedancia de puesta a tierra, un interruptor que conecte y desconecte dicha impedancia de puesta a tierra al circuito de potencia y un único sensor de corriente por rama. El método de la invención se basa en medir la componente continua de las corrientes de cada rama, de forma que el tratamiento de datos es sencillo y rápido a efectos de la posterior protección del sistema de corriente continua.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La invención localiza la rama con falta a tierra de sistemas de corriente continua con varias ramas en paralelo, abordando las limitaciones y desventajas que presenta el estado de la técnica previo.

Una realización de la invención considera un sistema de localización de rama

con falta a tierra en sistemas eléctricos de corriente continua con varias ramas en paralelo, que consigue estimar y localizar que rama de un sistema serie-paralelo, como baterías, paneles solares u otro tipo de elementos con el mismo tipo de configuración, tiene la falta a tierra, una vez detectada la falta a tierra de forma convencional (por ejemplo mediante la lectura de tensión y/o corriente en una impedancia de puesta a tierra), con el sistema de corriente continua en funcionamiento. Obviamente esta detección de falta a tierra se puede realizar mediante cualquier otro sistema o protección configurada para realizar esta función. Posteriormente, una vez detectado el defecto, se utiliza el sistema y método objeto de la presente invención para la localización de la rama con defecto a tierra.

De acuerdo con lo anterior, se requiere el empleo de un sistema de detección de faltas a tierra en sistemas de corriente continua que, por ejemplo, comprenda:

- al menos una impedancia de puesta a tierra, conectada entre un punto energizado del circuito y tierra donde se mide tensión entre sus terminales;
- al menos un subsistema detector de falta a tierra que considera la lectura de tensión entre terminales de la impedancia de puesta a tierra, que en caso de disponer de lectura con valor distinto de cero, considera la existencia de un defecto a tierra;

El sistema de localización de rama con falta a tierra en sistemas de corriente continua con varias ramas en paralelo, de la invención se caracteriza por que comprende:

- al menos un interruptor de puesta a tierra dispuesto en serie con una impedancia de puesta a tierra;
- al menos un subsistema emisor de señales de conmutación configurado para abrir y cerrar el interruptor de puesta a tierra para conectar o no el sistema de corriente continua a tierra a través de la impedancia de puesta a tierra y provocar circulación de corriente de falta a tierra cuando al cerrar el interruptor de puesta a tierra existe una falta a tierra;
- al menos un sensor de corriente en cada rama paralelo del sistema de

corriente continua, para medida de la corriente en cada rama;

- al menos un subsistema de registro de corrientes de ramas paralelo que registra las medidas de la corriente de cada rama para cada posición de dicho interruptor;
- 5 - al menos un subsistema de cálculo de variación de corrientes de rama paralelo que calcula la variación de corriente en cada rama para cada posición del interruptor de puesta a tierra según la expresión:

$$\Delta I_j(\%) = \frac{I_{2j} - I_{1j}}{I_{1j}} \cdot 100$$

Donde:

10 j: es el número de rama en paralelo de fuentes de corriente continua que conforma el sistema de corriente continua.

$I_{1j}$ : es la corriente registrada en la rama "j" para la posición abierta del interruptor de puesta a tierra.

$I_{2j}$ : es la corriente registrada en la rama "j" para la posición cerrada del interruptor de puesta a tierra.

15  $\Delta I_j$ : es la diferencia relativa de corriente entre las posiciones abierta y cerrada del interruptor de puesta a tierra para la rama paralelo "j".

- al menos un subsistema localizador de rama con falta que establece la rama con falta de defecto a tierra como la rama que experimenta mayor  
20 variación de corriente entre los estados abierto y cerrado del interruptor de puesta a tierra.

Además la invención prevé la incorporación de un subsistema emisor de señal de alarma configurado para emitir una señal de alarma a un dispositivo de diagnóstico o protección externo al sistema, cuando se ha detectado la posición  
25 de una rama con defecto.

En el caso del método de localización de ramas con falta a tierra en sistemas eléctricos de corriente continua con varias ramas en paralelo que comprende detectar la existencia de una rama con defecto de falta a tierra, y se caracteriza

por que además comprende:

- 5
  - al menos una etapa de emisión de señales de conmutación para abrir y cerrar un interruptor de puesta a tierra del sistema de corriente continua, y provocar circulación de corriente de defecto a tierra cuando se cierra el interruptor y existe una falta a tierra;
  - al menos una etapa de medida de la corriente que circula por cada rama paralelo del sistema de corriente continua;
  - al menos una etapa de registro de las medidas de corriente de cada rama para cada posición del interruptor de puesta a tierra;
  - 10
    - al menos una etapa de cálculo de variación de corrientes de rama en cada posición del interruptor de puesta a tierra, que calcula dicha variación de corriente en cada rama según la expresión:

$$\Delta I_j(\%) = \frac{I_{2j} - I_{1j}}{I_{1j}} \cdot 100$$

Donde:

15                    j: es el número de rama en paralelo del sistema de corriente continua.

                      I<sub>1j</sub>: es la corriente registrada en la rama "j" para la posición abierta del interruptor de puesta a tierra.

                      I<sub>2j</sub>: es la corriente registrada en la rama "j" para la posición cerrada del interruptor de puesta a tierra.

20                    ΔI<sub>j</sub>: es la diferencia relativa de corriente entre las posiciones abierta y cerrada del interruptor de puesta a tierra para la rama paralelo "j".

- 25
  - al menos una etapa localizadora de la rama con falta a tierra que establece la rama con falta a tierra como la rama que experimenta mayor variación de corriente entre los estados abierto y cerrado del interruptor de puesta a tierra.

En el método se prevé una etapa de emisión de una señal de alarma para

dispositivos externos, comprendiendo dicha señal de alarma información de la localización de la rama con defecto.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

5 Se describen aquí de forma breve una serie de figuras, de ejemplos no limitativos, que ayudan a comprender mejor la invención:

10 La figura 1 muestra una realización de la invención para un sistema de corriente continua con una batería con cuatro ramas en paralelo que alimenta un variador de frecuencia, que a su vez, provee de corriente alterna a un motor. Se mide la corriente de las cuatro ramas a través de sensores en el extremo de salida de cada rama. El punto medio de la primera rama se puede conectar a tierra a través de un interruptor.

La figura 2 muestra la realización de la figura 1 pero los puntos medios de las diferentes ramas están unidos eléctricamente y se mide la corriente de cada rama en el punto medio.

15 La figura 3 muestra una realización de la invención para un sistema de corriente continua compuesto de un batería con cuatro ramas en paralelo que alimenta una carga resistiva. Se ha representado la impedancia de puesta a tierra conectado al punto medio de la primera rama mediante el interruptor de puesta a tierra. En esta figura y en la siguiente se ha omitido la representación de los  
20 subsistemas 9 a 14 de las figuras anteriores, para su simplificación.

La figura 4 muestra la realización de la figura 3 pero indicando la corriente de defecto que se establece cuando el interruptor de puesta a tierra está en posición cerrado.

25 La figura 5 muestra un posible diagrama de flujo de la operación del método de la invención para la localización la rama con falta a tierra en sistemas de corriente continua con varias ramas en paralelo.

La figura 6 es un ejemplo de medida de corriente en cada una de las ramas de un sistema de corriente continua con fuentes de corriente continua para ambas posiciones de interruptor de conmutación de puesta a tierra.

30



**REFERENCIAS NUMÉRICAS DE LAS FIGURAS**

- (1) Polo positivo de un sistema de corriente continua;
- (2) Polo negativo de un sistema de corriente continua;
- (3) Variador de frecuencia;
- (4) Motor de corriente alterna;
- 5 (5) Fuente de corriente continua;
- (6) Impedancia de puesta a tierra;
- (7) Interruptor de puesta a tierra;
- (8) Subsistema de medida de tensión;
- (9) Subsistema emisor de señales de conmutación;
- 10 (10) Sensor de corriente;
- (11) Subsistema de registro de corrientes de ramas paralelo;
- (12) Subsistema de cálculo de variación de corrientes de rama;
- (13) Subsistema de localización de rama con falta;
- (14) Subsistema emisor de señal de alarma;
- 15 (15) Resistencia de carga;
- (16) Resistencia de falta a tierra;
- (17) Corriente de defecto a tierra;
- (18) Medida de tensión en la impedancia de puesta a tierra;
- (19) Etapa de indicación de defecto a tierra;
- 20 (20) Etapa de medida de corriente en cada posición del interruptor;
- (21) Medidas de corriente y posición de interruptor;
- (22) Etapa de cálculo de variación de corrientes de rama;
- (23) Etapa de localización de rama con falta;
- (24) Etapa de emisión de señal de alarma;
- 25 (25) Tiempo;

(26) Corriente;

### DESCRIPCIÓN DE LA FORMA DE REALIZACIÓN PREFERIDA

Se procede a continuación a hacer una descripción en profundidad de las figuras y de un ejemplo no limitativo explicativo de la invención.

5 La figura 1 muestra un accionamiento eléctrico compuesto por una fuente de corriente continua (5) con cuatro ramas en paralelo conectadas entre terminales positivo (1) y negativo (2) que alimenta a un variador de frecuencia (3) que a su vez provee de corriente alterna a un motor eléctrico (4). En este sistema se ha  
 10 instalado una impedancia de puesta a tierra (6) a través de un interruptor de puesta a tierra (7). La impedancia de puesta a tierra se conecta en el punto medio de una de las ramas. Dicho sistema dispone de un subsistema de medida de tensión (8) en la impedancia de puesta a tierra (6) que permite distinguir con dicha lectura de tensión si existe o no la presencia de una falta a tierra. Siendo la  
 15 tensión en la impedancia nula cuando el sistema está sano y teniendo valor distinto a cero cuando existe una falta a tierra, con el interruptor en la posición cerrado. A su vez, se dispone de un subsistema emisor de señales de conmutación (9) que envía señales de cierre y apertura al interruptor (7) y a un subsistema de registro de corrientes de ramas paralelo (11) para que conozca y registre el estado de dicho interruptor, de forma que el subsistema de registro de  
 20 corrientes de ramas paralelo (11) recopila y registra las corrientes de cada rama, mediante unos sensores de corriente (10), en cada posición del interruptor, y envía dichos registros a un subsistema de cálculo de variación de corrientes de rama (12) que está configurado para calcular las variaciones de corriente entre las posiciones del interruptor abierto y cerrado en cada rama, según la  
 25 expresión:

$$\Delta I_j(\%) = \frac{I_{2j} - I_{1j}}{I_{1j}} \cdot 100$$

donde:

j: es el número de rama paralelo de fuentes de corriente continua que conforma el sistema de corriente continua.

$I_{1j}$ : es la corriente registrada en la rama "j" para la posición abierta del

interruptor de puesta a tierra.

$I_{2j}$ : es la corriente registrada en la rama "j" para la posición cerrada del interruptor de puesta a tierra.

5  $\Delta I_j$ : es la diferencia relativa de corriente entre las posiciones abierta y cerrada del interruptor de puesta a tierra para la rama paralelo "j".

Estas señales son enviadas a un subsistema localizador de rama con falta (13) que considera la rama con mayor variación de corriente como la rama en falta. Finalmente, la información sobre la rama en falta es enviada a un subsistema de emisión de alarma (14) que se comunica con dispositivos externos a la  
10 invención.

La figura 2 muestra una variante del sistema representado en la figura 1, cuyo funcionamiento es el mismo, pero en este caso se han unido todos los puntos medios de las cuatro ramas, con lo que la corriente de cada rama, en lugar de medirla a la salida de la rama como se realizaba en el ejemplo anterior, en este  
15 caso se mide en el punto medio mediante los sensores (10).

La figura 3 muestra un sistema de corriente continua donde las fuentes de corriente continua (5) que constan de cuatro ramas en paralelo, alimentan a una resistencia de carga (15). Cuando se produce una falta a tierra, aparece una resistencia de falta a tierra (16) en una de las ramas, pero si el interruptor  
20 conmutador de puesta a tierra está en la posición abierto (7), como sucede en esta figura, no se detecta la existencia de corriente de defecto en el sistema de corriente continua.

La figura 4 muestra el mismo sistema representado en la figura 3, pero en este caso el interruptor conmutador de puesta a tierra (7) está en la posición cerrado por lo que cuando hay una falta a tierra se permite la circulación de cierta  
25 corriente de falta (17) entre los puntos puestos a tierra, es decir el defecto y la impedancia de puesta a tierra (6).

La variación entre estado sano y estado en falta producido por la conmutación del interruptor de puesta a tierra (7) permite la localización de la rama con defecto según el diagrama de la figura 5, donde se expone una posible  
30 realización no limitativa de la invención. El diagrama propone una etapa de

medida de tensión y/o corriente donde se obtiene la medida de tensión en la impedancia de puesta a tierra (18) en la posición cerrada de interruptor (7). La medida se procesa en una etapa de indicación de defecto a tierra (19), donde si el valor es distinto de nulo implica la presencia de una falta. En caso afirmativo, se procede a una etapa de emisión de señales de conmutación para abrir y cerrar el interruptor (7) y se mide la corriente de cada rama en cada posición del interruptor y (20), que se procesan en una etapa de cálculo de variación de corrientes de rama (22) donde se calcula la variación relativa en corriente de cada rama para cada posición del interruptor como:

$$\Delta I_j(\%) = \frac{I_{2j} - I_{1j}}{I_{1j}} \cdot 100$$

10 donde:

j: es el número de rama paralelo de fuentes de corriente continua que conforma el sistema de corriente continua.

$I_{1j}$ : es la corriente registrada en la rama "j" para la posición abierta de un interruptor de puesta a tierra.

15  $I_{2j}$ : es la corriente registrada en la rama "j" para la posición cerrada de un interruptor de puesta a tierra.

$\Delta I_j$ : es la diferencia relativa de corriente entre las posiciones abierta y cerrada de un interruptor de puesta a tierra para la rama paralelo "j".

Posteriormente, una etapa de localización de rama con falta (23) localiza el defecto a tierra mediante la comparación de los resultados anteriores y estima la rama en falta como la rama cuya variación de corriente entre estados del interruptor de puesta a tierra (7) abierto y cerrado es mayor. Finalmente, la información sobre la rama en falta es enviada a equipos externos para el diagnóstico y protección del sistema de corriente continua mediante una etapa de emisión de señal de alarma (24).

La figura 6 muestra un ejemplo de captura de medidas de corriente continua para varias conmutaciones en el interruptor de puesta a tierra (7) con una impedancia de puesta a tierra de 4.7 kΩ en la rama 1 y una tensión total del sistema de 480 V. El sistema analizado está basado en una topología de cuatro

ramas en paralelo donde se ha obtenido la corriente de cada rama mediante un sensor de corriente (10) en cada una de ellas. Se produce una falta a tierra de 1 kΩ en la rama 4 de fuentes de corriente continua. En los registros se muestran las corrientes de rama (26) variando en una ventana de tiempo (25) de 100 milisegundos para las cuatro ramas desequilibradas que pueden corresponder por ejemplo a las baterías de un coche eléctrico. Las corrientes en cada rama con la posición abierta y cerrada del interruptor de puesta a tierra (7) con las diferencias relativas que se observan en la figura 5 se recopilan también en la siguiente tabla:

j	$I_1$	$I_2$	$\Delta I$ (%)
1	0.8374	0.8472	1.1703
2	0.8290	0.8290	0.0000
3	0.8531	0.8532	0.0117
4	0.8743	0.8613	-1.4869

- 10 Con los datos anteriores se concluye que la falta se localiza en la rama 4 al ser la que más variación relativa de corriente dispone. La rama 1 dispone también de variación en la corriente al ser la rama con la impedancia de puesta a tierra instalada y retornar la corriente por dicha rama, pero en esta rama la variación relativa de corriente es menor.
- 15 El sistema y método de la invención pueden ser de utilidad en el ámbito de las baterías y la tecnología de generación fotovoltaica al tener estos sistemas grandes combinaciones serie-paralelo pudiendo ser de dificultad el diagnóstico de faltas a tierra.

**REIVINDICACIONES**

1- Sistema de localización de rama con falta a tierra en sistemas eléctricos de corriente continua con varias ramas en paralelo, que comprende una impedancia de puesta a tierra (6) para detectar la existencia de una rama con defecto de falta a tierra, y se caracteriza por que comprende al menos:

5

- un interruptor de puesta a tierra (7) en serie con la impedancia de puesta a tierra (6);
- un subsistema emisor de señales de conmutación (9) configurado para abrir y cerrar el interruptor de puesta a tierra (7) y provocar circulación de corriente de falta a tierra (17) cuando al cerrar dicho interruptor de puesta a tierra existe una falta a tierra;

10

- un sensor de corriente (10) en cada rama paralelo del sistema de corriente continua, para medida de la corriente en cada rama;

15

- un subsistema de registro de corrientes de rama paralelo (11) que registra las medidas de la corriente de cada rama para cada posición de dicho interruptor de puesta a tierra;

20

- un subsistema de cálculo de variación de corriente de rama (12) que calcula la variación de corriente en cada rama para cada posición del interruptor de puesta a tierra según la expresión:

$$\Delta I_j(\%) = \frac{I_{2j} - I_{1j}}{I_{1j}} \cdot 100$$

donde:

j: es el número de rama en paralelo del sistema de corriente continua.

25

$I_{1j}$ : es la corriente registrada en la rama “j” para la posición abierta del interruptor de puesta a tierra (7).

$I_{2j}$ : es la corriente registrada en la rama “j” para la posición cerrada de un interruptor de puesta a tierra (7).

$\Delta I_j$ : es la diferencia relativa de corriente entre las posiciones abierta y cerrada de un interruptor de puesta a tierra para la rama paralelo "j".

- 5
  - un subsistema localizador de rama en falta (13) que establece la rama con defecto a tierra como la rama que experimenta mayor variación de corriente entre los estados abierto y cerrado del interruptor de puesta a tierra (7);
- 2- Sistema, según la reivindicación 1, que comprende un subsistema emisor de señal de alarma (14) configurado para emitir una señal de alarma a un dispositivo externo cuando se ha detectado la posición de una rama con defecto.
- 10
- 3- Método de localización de ramas con falta a tierra en sistemas eléctricos de corriente continua con varias ramas en paralelo que comprende detectar la existencia de una rama con defecto de falta a tierra, y se caracteriza por que además comprende:
  - 15
    - al menos una etapa de emisión de señales de conmutación para abrir y cerrar un interruptor de puesta a tierra (7) del sistema de corriente continua, y provocar circulación de corriente de defecto a tierra cuando se cierra el interruptor y existe una falta a tierra;
    - 20
      - al menos una etapa de medida de la corriente que circula por cada rama paralelo del sistema de corriente continua;
      - al menos una etapa de registro de las medidas de corriente de cada rama para cada posición del interruptor de puesta a tierra (7);
      - 25
        - al menos una etapa de cálculo de variación de corrientes de rama (22) en cada posición del interruptor de puesta a tierra, que calcula dicha variación de corriente en cada rama según la expresión:

$$\Delta I_j(\%) = \frac{I_{2j} - I_{1j}}{I_{1j}} \cdot 100$$

Donde:

$j$ : es el número de rama en paralelo del sistema de corriente continua.

5

$I_{1j}$ : es la corriente registrada en la rama " $j$ " para la posición abierta del interruptor de puesta a tierra.

$I_{2j}$ : es la corriente registrada en la rama " $j$ " para la posición cerrada del interruptor de puesta a tierra.

10

$\Delta I_j$ : es la diferencia relativa de corriente entre las posiciones abierta y cerrada del interruptor de puesta a tierra para la rama paralelo " $j$ ".

- al menos una etapa localizadora de la rama con falta a tierra (23) que establece la rama con falta a tierra como la rama que experimenta mayor variación de corriente entre los estados abierto y cerrado del interruptor de puesta a tierra;

15

4- Método según la reivindicación 3, que comprende una etapa de emisión de una señal de alarma para dispositivos externos, comprendiendo dicha señal de alarma información de la localización de la rama con defecto.



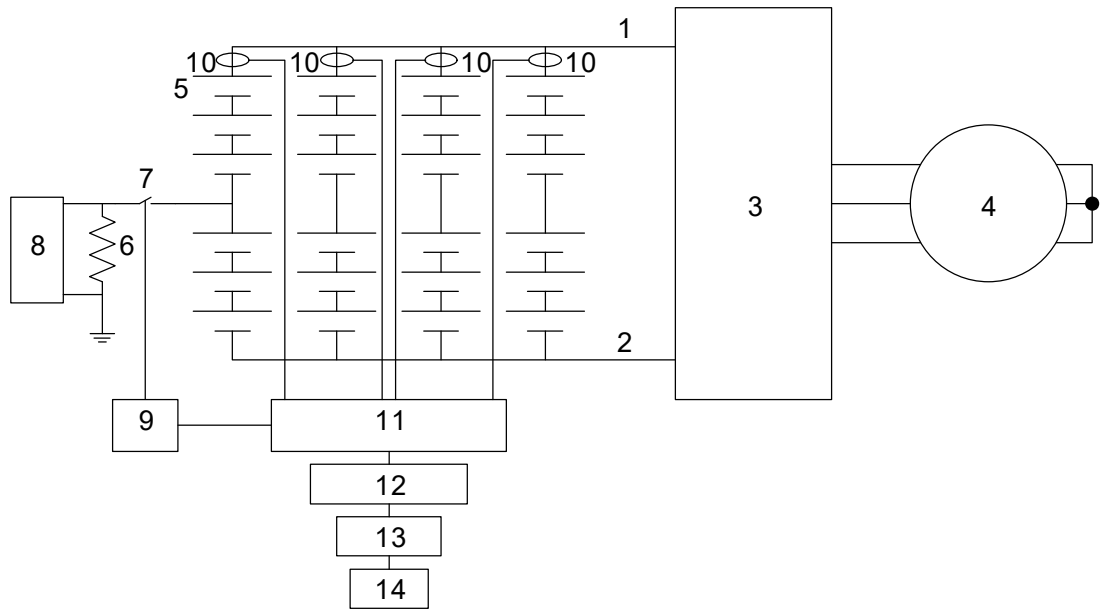


Fig. 1

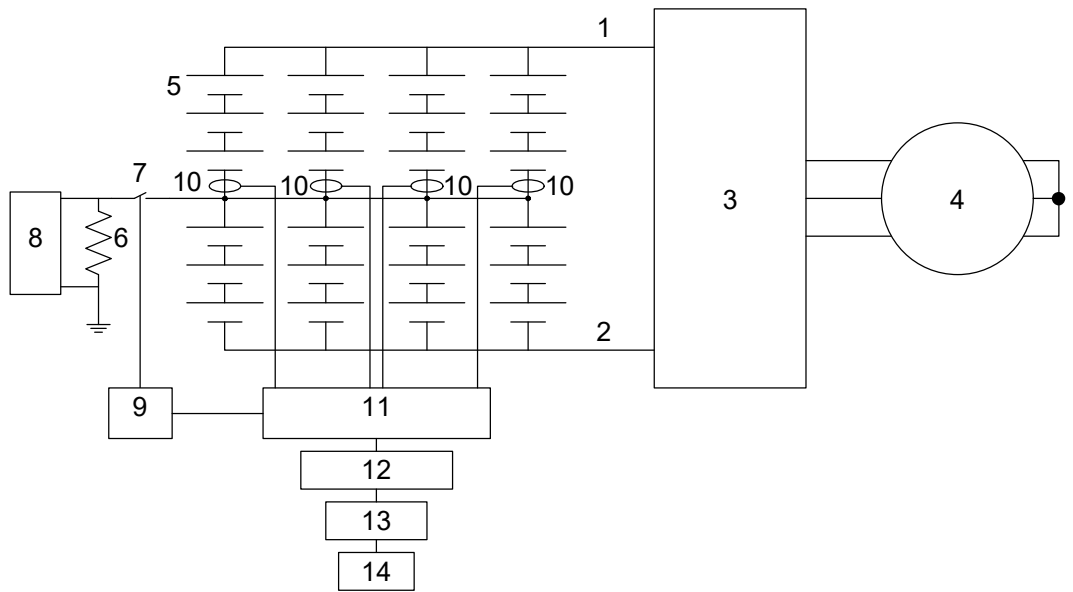


Fig. 2

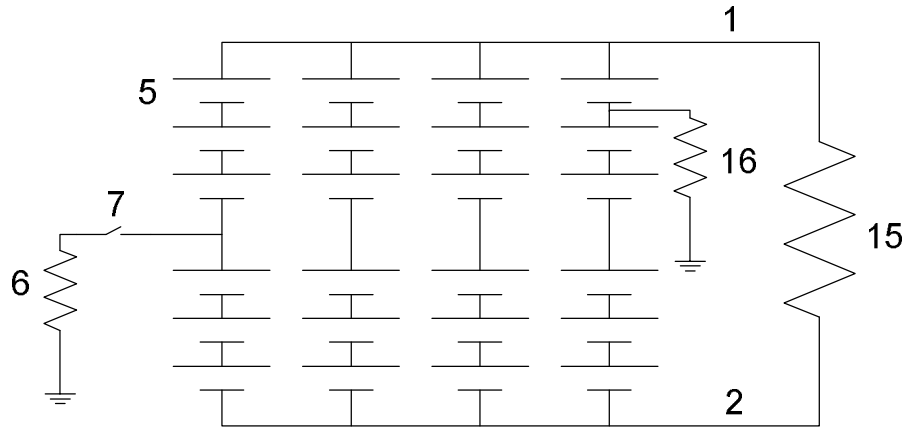


Fig.3

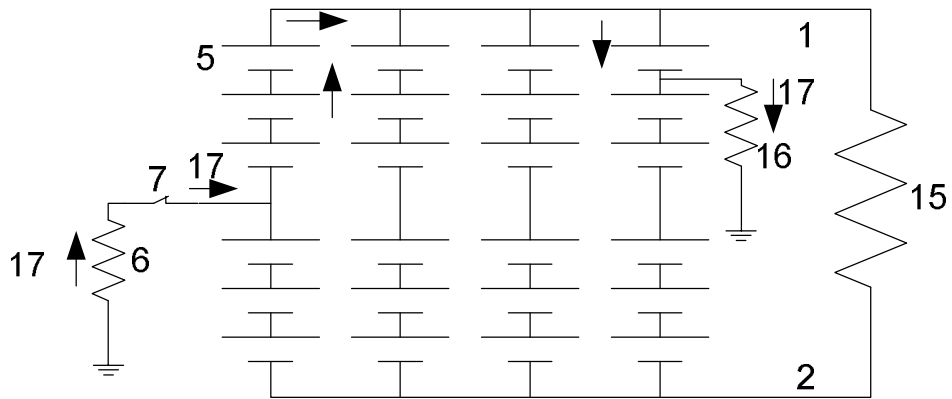


Fig. 4

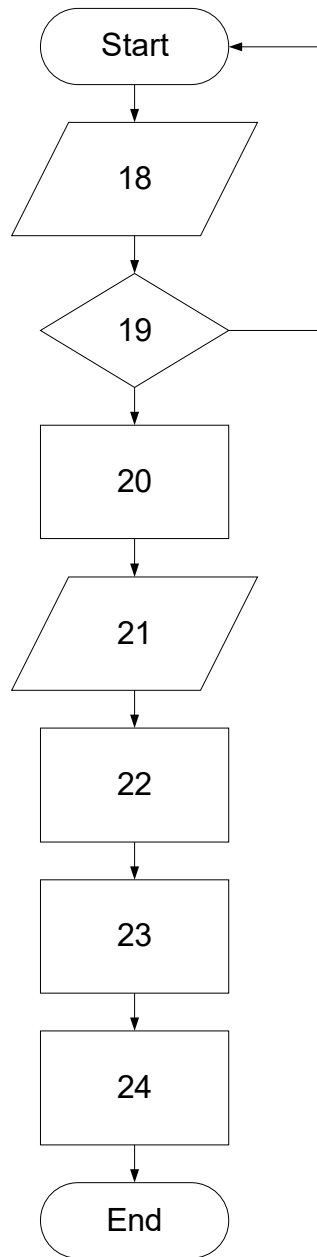


Fig. 5

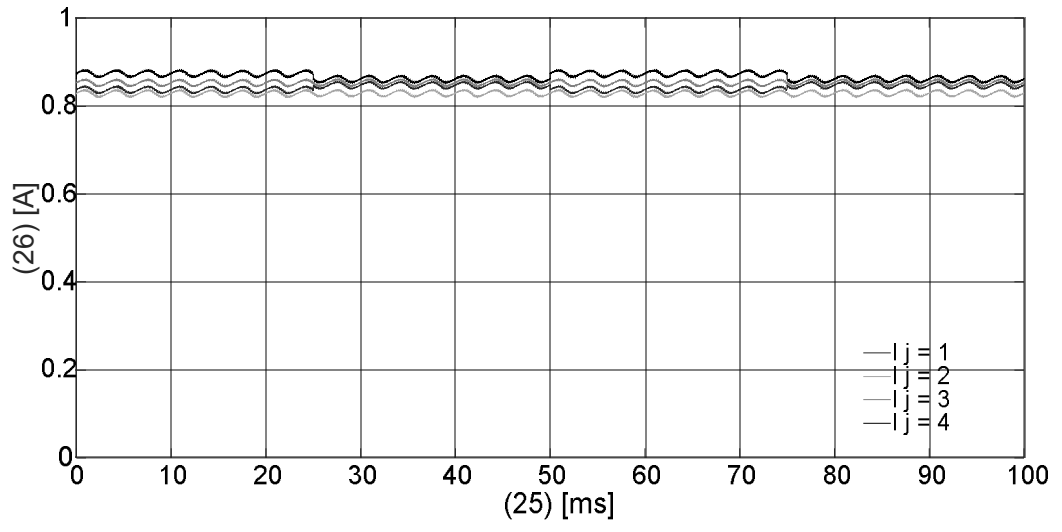


Fig. 6