

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 789**

51 Int. Cl.:

**H01H 1/00** (2006.01)

**H01H 71/04** (2006.01)

**G01R 31/327** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2017 E 17205682 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2024 EP 3340262**

54 Título: **Sistema y método para monitorizar la vida de los contactos de un interruptor de circuito**

30 Prioridad:

**21.12.2016 US 201615386953**

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

**24.06.2024**

73 Titular/es:

**EATON INTELLIGENT POWER LIMITED (100.0%)  
30 Pembroke Road  
Dublin 4, IE**

72 Inventor/es:

**ZHOU, XIN;  
GAO, ZHI;  
LAGREE, JAMES L. y  
MUELLER, ROBERT W.**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 973 789 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

Sistema y método para monitorizar la vida de los contactos de un interruptor de circuito

5 **Antecedentes****Campo**

10 El concepto descrito pertenece generalmente a interruptores de circuito y, más particularmente, a un sistema integrado en una unidad de disparo y a un método para monitorizar la vida de contacto de los contactos de un interruptor de circuito.

**Información de antecedentes**

15 En la técnica se conocen bien los aparatos de conmutación eléctrica tales como interruptores de circuito y, en particular, disyuntores (p. ej., del tipo de caja moldeada). Véase, por ejemplo, la patente US- 5.341.191.

20 Los disyuntores se usan para proteger los circuitos eléctricos de sufrir daños debido a una condición de sobrecorriente, tal como una condición de sobrecarga o una condición de cortocircuito de nivel relativamente alto o de avería. Los disyuntores de caja moldeada incluyen típicamente un par de contactos separables por fase. Los contactos separables pueden hacerse funcionar manualmente por medio de una manivela dispuesta en el exterior de la caja o automáticamente en respuesta a una condición de sobrecorriente. Típicamente, estos disyuntores incluyen: (i) un mecanismo operativo que está diseñado para abrir y cerrar rápidamente los contactos separables, y (ii) una unidad de disparo que detecta las condiciones de sobrecorriente en un modo de funcionamiento automático. Tras detectar una  
25 condición de sobrecorriente, la unidad de disparo pone el mecanismo operativo en un estado de disparo, que mueve los contactos separables a su posición abierta.

30 Los disyuntores industriales de caja moldeada usan frecuentemente una estructura de disyuntor que aloja una unidad de disparo. Véase, por ejemplo, la patente US- 5.910.760; y 6.144.271. La unidad de disparo puede ser modular y puede reemplazarse para alterar las propiedades eléctricas del disyuntor.

35 Es bien conocido el empleo de unidades de disparo que utilizan un microprocesador para detectar diversos tipos de condiciones de disparo por sobrecorriente y para proporcionar diversas funciones de protección, tales como, por ejemplo, un disparo de retardo largo, un disparo de retardo corto, un disparo instantáneo y/o un disparo de fallo a tierra.

40 La predicción fiable de la vida de contacto restante es siempre un problema de los disyuntores. Un enfoque conocido es monitorizar el número de operaciones de conmutación o interrupción y, en base a las especificaciones de producto del fabricante, determinar si es necesario reparar los contactos o si es necesario reemplazar el disyuntor. Sin embargo, este enfoque puede sobreestimar o subestimar enormemente la vida de contacto real resultante de las condiciones de fallo y carga bajo las cuales se hace funcionar el disyuntor. En particular, aunque el número de operaciones se pueda monitorizar fácilmente, esa información puede no proporcionar información precisa con respecto a la vida de contacto porque la energía del arco durante cada operación puede ser muy diferente y, por lo tanto, la erosión de los contactos durante cada operación puede ser muy diferente. Conviene remitirse a WO 0 039 822 A1, que muestra un método para detectar disparos manuales y operaciones de reconexión en un dispositivo electrónico inteligente, p. ej., se presenta una unidad de disparo electrónico o un relé protector. El dispositivo electrónico inteligente incluye un microcontrolador y memorias asociadas. Un algoritmo (programa) almacenado en una memoria del dispositivo electrónico inteligente detecta disparos manuales cuando se cumplen las siguientes condiciones: (1) la unidad de disparo no ha emitido ningún mensaje de evento de disparo o reconexión dentro del tiempo de reacción requerido para disparar el disyuntor; (2) la corriente pasa a cero en todas las fases de la línea; y (3) el voltaje corriente abajo del disyuntor pasa a cero en todas las fases. Se detectan las operaciones de reconexión cuando los voltajes del lado de carga en todas las fases vuelven de 0 V a los niveles nominales del lado de la línea del disyuntor.

**Resumen**

55 Según la presente invención, se proporciona un aparato y un método como se expone en las reivindicaciones 1 y 8. Se describen otras realizaciones, entre otras cosas, en las reivindicaciones dependientes. En una realización, se proporciona una unidad de disparo electrónico para un interruptor de circuito que tiene un conjunto de contactos separables. La unidad de disparo electrónico incluye un módulo de detección de voltaje del lado de la línea estructurado para medir los primeros voltajes en un lado de la línea de los contactos separables, un módulo de  
60 detección de voltaje del lado de carga estructurado para medir segundos voltajes en un lado de carga de los contactos separables, un sensor de corriente estructurado para medir una corriente que fluye a través de una línea a la que se acoplan los contactos separables, y un controlador principal estructurado y configurado para recibir información de primer voltaje en base a mediciones realizadas por el módulo de detección de voltaje del lado de la línea, información de segundo voltaje en base a mediciones realizadas por el módulo de detección de voltaje del lado de carga e información de corriente en base a mediciones realizadas por el sensor de corriente. El controlador principal está además estructurado y configurado para: (i) determinar, para cada uno de una pluralidad de eventos de interrupción  
65

del arco en el interruptor de circuito, una pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco en base a una o más de la información de primer voltaje, la información de segundo voltaje y la información de corriente, (ii) determinar una pérdida de masa total en base a cada pérdida de masa determinada debido a la erosión de los contactos y (iii) monitorizar una vida restante de los contactos separables en base a la pérdida de masa total determinada debido a la erosión de los contactos.

En otra realización, se proporciona un método para monitorizar un conjunto de contactos separables de un interruptor de circuito. El método incluye medir los primeros voltajes en un lado de la línea de los contactos separables, medir los segundos voltajes en un lado de carga de los contactos separables, medir una corriente que fluye a través de una línea a la que se acoplan los contactos separables, y recibir información de primer voltaje en base a los primeros voltajes medidos, información de segundo voltaje en base a los segundos voltajes medidos e información de corriente en base a la corriente medida. El método incluye además determinar, para cada uno de una pluralidad de eventos de interrupción del arco en el interruptor de circuito, una pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco en base a una o más de la información de primer voltaje, la información de segundo voltaje y la información de corriente. El método también incluye además determinar una pérdida de masa total debido a la erosión de los contactos en base a cada pérdida de masa determinada debido a la erosión de los contactos, y monitorizar una vida restante de los contactos separables en base a la pérdida de masa total determinada debido a la erosión de los contactos.

### Breve descripción de los dibujos

Se puede conseguir entender completamente el concepto descrito gracias a la siguiente descripción de las realizaciones preferidas al leerse junto con los dibujos adjuntos en los que:

la Fig. 1 es un diagrama esquemático de un interruptor de circuito según una realización ilustrativa no limitativa del concepto descrito; y

la Fig. 2 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento del interruptor de circuito de la Fig. 1 según la realización ilustrativa no limitativa del concepto descrito.

### Descripción de las realizaciones preferidas

Frases sobre direcciones utilizadas en la presente memoria, tales como, por ejemplo, izquierda, derecha, frontal, posterior, superior, inferior y derivados de las mismas, se refieren a la orientación de los elementos mostrados en los dibujos y no son limitantes en las reivindicaciones, a menos que se especifique expresamente en las mismas.

Como se utiliza en la presente memoria, el término “número” significará uno o un número entero mayor que uno (es decir, una pluralidad).

Como se utiliza en la presente memoria, la afirmación de que dos o más piezas están “acopladas” entre sí significa que las piezas están unidas entre sí directamente o unidas a través de una o más piezas intermedias.

Como se utiliza en la presente memoria, el término “controlador” significará un dispositivo analógico y/o digital programable (que incluya una parte o porción de memoria asociada) que puede almacenar, recuperar, ejecutar y procesar datos (p. ej., rutinas de software y/o información usada por estas rutinas), incluidos, sin limitación, un conjunto configurable de puertas (Field Programmable Gate Array - FPGA), un dispositivo lógico programable complejo (Complex Programmable Logic Device - CPLD), un sistema programable en un chip (Programmable System on a Chip - PSoC), un circuito integrado de aplicación específica (Application Specific Integrated Circuit - ASIC), un microprocesador, un microcontrolador, un controlador lógico programable o cualquier otro dispositivo o aparato de procesamiento adecuado. La porción de memoria puede ser una cualquiera o más de una variedad de tipos de medios de almacenamiento internos y/o externos tales como, sin limitarse a, RAM, ROM, EPROM(s), EEPROM(s), FLASH, y similares que proporcionan un registro de almacenamiento, es decir, un medio legible por dispositivo no volátil, para almacenamiento de datos y códigos de programa tal como en forma de un área de almacenamiento interno de un ordenador, y puede ser memoria volátil o memoria no volátil.

Como se describe con mayor detalle en la presente memoria en relación con las diversas realizaciones, el concepto descrito permite monitorizar o predecir la vida de contacto restante de un interruptor de circuito, tal como un disyuntor, en base a la energía total del arco o a la carga eléctrica total durante cada operación (es decir, apertura o cierre de los contactos) del interruptor de circuito. Específicamente, la cantidad de energía del arco y la carga eléctrica están directamente relacionadas cada una con la cantidad de erosión de los contactos que se produce durante cada operación. Por lo tanto, según el concepto descrito, la cantidad de erosión de los contactos puede monitorizarse y estimarse en base a esta información. Las unidades de disparo electrónico actuales tienen una capacidad muy rápida de muestreo de voltaje y corriente. Por lo tanto, tanto la corriente del arco como el voltaje del arco pueden calcularse con precisión durante cada operación y, como se describe en la presente memoria (y dependiendo de las propiedades del material de contacto), esa información puede usarse para determinar la energía total del arco o la carga eléctrica total para estimar la erosión de los contactos real que se produce durante cada operación.

La Fig. 1 es un diagrama esquemático del interruptor 2 de circuito según una realización ilustrativa no limitativa del concepto descrito. Como se ve en la Fig. 1, el interruptor 2 de circuito está acoplado a un sistema de alimentación de 3 fases que incluye las líneas 4A, 4B y 4C de fase y una línea 6 neutra. En la realización ilustrada, el interruptor 2 de circuito es un disyuntor de caja moldeada. Sin embargo, se entenderá que el interruptor 2 de circuito puede adoptar formas distintas a un disyuntor moldeado dentro del alcance del concepto descrito.

El interruptor 2 de circuito incluye un mecanismo operativo configurado para abrir y cerrar rápidamente un conjunto de contactos separables 10 (indicados 10A-10D) para cada fase y para la neutra que se proporcionan como parte del interruptor 2 de circuito. En el ejemplo de realización ilustrado, el mecanismo operativo incluye un transistor 7 de efecto de campo (Field-Effect Transistor - FET) de disparo, un accionador 8 de disparo y un circuito 9 de detección de bobina abierta. Los contactos separables 10 definen un lado 12 de la línea de un interruptor 2 de circuito en un primer lado (p. ej., superior) de contactos separables 10 y un lado 14 de carga de un interruptor 2 de circuito en un segundo lado (p. ej., superior) de contactos separables 10.

Un interruptor 2 de circuito también incluye una unidad 16 de disparo electrónico acoplada operativamente al mecanismo operativo que incluye un accionador 8 de disparo que, en modo de funcionamiento automático, está estructurada para detectar condiciones de sobrecorriente y, en respuesta a las mismas, mueve el accionador 8 de disparo a un estado en el que los contactos separables 10 de un interruptor 2 de circuito están abiertos. En la realización ilustrativa, la unidad 16 de disparo electrónico es configurable selectivamente (p. ej., por medio de un número de conmutadores ajustables (no mostrados) o mediante ajustes electrónicos comunicados a la unidad 16 de disparo electrónico) para variar los ajustes de disparo funcionales (tales como, por ejemplo y sin limitación, captación de retardo largo (Ir), tiempo de retardo largo (Long Delay Time - LDT), captación de retardo corto (Short Delay Pickup - SDPU), captación de fallo a tierra (Ground Fault Pickup - GFPU), y tiempo de retardo corto y tiempo de fallos a tierra (Short Delay Time/Ground Fault Time - SDT/GFT) de la unidad 16 de disparo electrónico.

Como se ve en la Fig. 1, la unidad 16 de disparo electrónico incluye un número de módulos de detección para detectar los voltajes sobre las líneas 4A, 4B y 4C de fase y la línea neutra 6 y las corrientes que fluyen a través de ellas. En particular, la unidad 16 de disparo electrónico incluye un módulo 18 de detección de voltaje del lado de la línea que, en la realización ilustrativa, incluye un módulo de transformador potencial, que está estructurado para detectar el voltaje del lado de la línea en cada una de las líneas 4A, 4B y 4C de fase y la línea 6 neutra y las señales 20 del voltaje del lado de la línea de salida indicativas de esos voltajes. La unidad 16 de disparo electrónico también incluye un módulo 22 de detección de voltaje del lado de carga que, en la realización ilustrativa, incluye una placa divisora de voltaje, que está estructurado para detectar el voltaje del lado de carga en cada una de las líneas 4A, 4B y 4C de fase y la línea 6 neutra y las señales 24 de voltaje del lado de carga de salida (en forma analógica) indicativas de esos voltajes. Por lo tanto, el módulo 18 de detección de voltaje del lado de línea y el módulo 22 de detección de voltaje del lado de carga se montan y configuran de tal manera que miden voltajes en los lados opuestos de los contactos separables 10. En esta configuración, proporcionan la capacidad de medir la caída de voltaje o la diferencia de voltaje a través de cada contacto separable 10 sin perjudicar el aislamiento galvánico mediante el uso del transformador potencial a través de contactos separables 10. En una realización alternativa, el módulo 18 de detección de voltaje del lado de la línea podría incluir una placa divisora de voltaje y un módulo 22 de detección de voltaje del lado de carga podrían incluir un módulo de transformador potencial.

La unidad 16 de disparo electrónico incluye además sensores 26A, 26B, 26C y 26D de corriente que están estructurados para detectar la corriente que fluye a través de cada una de las líneas 4A, 4B y 4C de fase y la línea 6 neutra, respectivamente. En la realización ilustrativa, cada sensor 26A, 26B, 26C y 26D de corriente es un sensor de corriente basado en la bobina Rogowski que genera una señal de salida lineal con respecto a la corriente primaria que se mide en un amplio intervalo de funcionamiento. Esta característica se debe al uso de núcleos no magnéticos en sensores de corriente basados en la bobina de Rogowski. Como se ve en la Fig. 1, la unidad 16 de disparo electrónico también incluye generadores 28A, 28B y 28C de energía cada uno acoplado operativamente y asociado a una línea 4A, 4B y 4C de fase respectiva. Los generadores 28A, 28B y 28C de energía generan, cada uno, energía de las corrientes primarias a través de acoplamiento electromagnético y, por lo tanto, proporcionan energía para operar los sistemas de circuitos electrónicos del interruptor 2 de circuito en el caso en que no esté disponible un suministro de energía separado.

Finalmente, la unidad 16 de disparo electrónico incluye un módulo 30 de circuito puente y clasificación de estructuras, un circuito 32 de suministro de energía interna y de extremo frontal analógico, y un microcontrolador principal 34. El controlador principal 34 está provisto de firmware que le permite controlar el funcionamiento de la unidad 16 de disparo electrónico como se describe en detalle en la presente memoria. Como se indica en otra parte de la presente memoria, el controlador principal 16 puede ser, por ejemplo y sin limitación, un microprocesador ( $\mu$ P), un microcontrolador o algún otro dispositivo de procesamiento adecuado.

El módulo 30 de circuito de puente y de clasificación de estructuras cumple dos propósitos principales en el interruptor 2 de circuito. Primero, rectifica la energía generada por los generadores 28A, 28B y 28C de energía, y pasa la energía rectificada al circuito 32 de suministro de energía interna y de extremo frontal analógico para su uso posterior. En

segundo lugar, pasa las salidas desde los sensores 26A, 26B, 26C y 26D de corriente al circuito 32 de suministro de energía interna y de extremo frontal analógico para la conversión de analógico a digital.

El circuito 32 de suministro de energía interna y de extremo frontal analógico recibe las salidas del módulo 30 de circuito puente y clasificación de estructuras como entradas. El circuito 32 de suministro de energía interna y de extremo frontal analógico también recibe señales 24 de voltaje del lado de carga como entradas. La sección de suministro de energía interna del circuito 32 de suministro de energía interna y de extremo frontal analógico procesa además la energía rectificadora junto con otras fuentes de energía, y suministra energía tanto al microcontrolador principal 34 como al sistema de circuitos del mecanismo operativo que incluye FET 7 de disparo, accionador de disparo 8 y circuito 9 de detección de bobina abierta. La sección de extremo frontal analógico del circuito 32 de suministro de energía interna y de extremo frontal analógico convierte las salidas de los sensores 26A, 26B, 26C y 26D de corriente y las señales 24 de voltaje del lado de carga en muestras 36 de corriente de tiempo discreto y muestras 38 de voltaje del lado de carga de tiempo discreto, respectivamente.

El microcontrolador principal 34 recibe energía del circuito 32 de suministro de energía interna y de extremo frontal analógico. Además, como se ve en la Fig. 1, el microcontrolador principal 34 recibe señales 20 de voltaje del lado de la línea, muestras 36 de corriente y muestras 38 de voltaje del lado de carga como entradas. A través de la monitorización continua de las cantidades eléctricas relacionadas con el disyuntor, que incluyen señales 20 de voltaje del lado de la línea, muestras 36 de corriente y muestras 38 de voltaje del lado de carga, el microcontrolador principal 34 determina cuándo activar el accionador 8 de disparo a través del FET 7 de disparo, y finalmente desconectar la energía hacia el lado de carga/inferior abriendo contactos separables 10.

Además, según el concepto descrito, el microcontrolador principal 34 monitoriza la erosión de cada uno de los contactos separables 10 durante el funcionamiento del interruptor 2 de circuito, y en base a la misma estima la vida restante de cada contacto separable 10. Esa información puede usarse entonces para proporcionar alertas a un usuario o al personal de mantenimiento indicando si es necesario reparar o reemplazar el interruptor 2 de circuito. En particular, en base a las señales 20 de voltaje del lado de la línea, las muestras 36 de corriente y las muestras 38 de voltaje del lado de carga, el microcontrolador principal 34 computa, para cada operación del interruptor 2 de circuito (es decir, cada interrupción del arco), la energía del arco  $W$ , la cantidad de cargas eléctricas durante la interrupción  $Q$  del arco, la pérdida de masa debido a la erosión del arco de los contactos durante la interrupción  $\Delta m$  y, en base a esos valores, estima la vida de contacto restante. Las cantidades computadas se almacenan en el almacenamiento 40 de datos del microcontrolador principal 34 mediante el uso de memorias volátiles y/o no volátiles, y/o pueden comunicarse a usuarios finales u otros dispositivos a través de un puerto 42 de intercambio de datos del microcontrolador principal 34. Además, el controlador principal 34 está provisto de un diodo emisor de luz (LED) 44 u otro indicador similar que indique visualmente el estado de los contactos separables 10 a un usuario como se describe en la presente memoria.

La Fig. 2 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento de la unidad 16 de disparo electrónico según una realización ilustrativa del concepto descrito. El método mostrado en la Fig. 2 es, en la realización ilustrativa, implementado en el controlador principal 34 a través de varias rutinas de firmware almacenadas en la porción de memoria del controlador principal 34 y ejecutable por la porción de procesamiento del controlador principal 34. El método mostrado en la Fig. 2 es aplicable a uno solo de los contactos separables 10 del interruptor 2 de circuito (es decir, una única fase). Sin embargo, como se entenderá, el método puede implementarse simultáneamente para cada contacto separable 10 del interruptor 2 de circuito (es decir, cada fase) usando mediciones de voltaje y corriente aplicables al contacto separable 10 particular. En la realización mostrada en la Fig. 2, el LED 44 se usa para proporcionar alertas que indiquen el estado de los contactos separables 10 en cuestión. En la realización ilustrada, el LED 44 se ilumina en (i) VERDE para indicar que todos los contactos separables 10 están en buen estado, (ii) NARANJA para indicar que al menos uno de los contactos separables 10 está cerca de su período de mantenimiento (es decir, cerca del final de la vida) de manera que es necesario pedir piezas de reemplazo o un interruptor 2 de circuito de reemplazo, y (iii) ROJO para indicar que al menos uno de los contactos separables está al final de su vida de manera que el interruptor 2 de circuito no debe ponerse más en funcionamiento y debe reemplazarse inmediatamente.

El método de la Fig. 2 comienza en la etapa 50, en donde un indicador o variable del estado del LED para el contacto separable 10 en cuestión se pone en VERDE. A continuación, en la etapa 52, se determina si el controlador principal 34 ha detectado la aparición de un evento de interrupción del arco. Si la respuesta es no, entonces el método vuelve a la etapa 52 para continuar monitorizando la aparición de eventos de interrupción del arco. Si la respuesta en la etapa 52 es sí, lo que significa que se ha producido un evento de interrupción del arco y tiempo  $t$  de formación del arco, entonces el método pasa a la etapa 54. En la etapa 54, el controlador principal 34 obtiene datos del voltaje del arco y de la corriente del arco para el evento de interrupción del arco que se produjo. En la realización ilustrativa, los datos de la corriente del arco en cualquier momento particular durante el tiempo  $t$  de formación del arco se pueden obtener a partir de las muestras 38 de corriente que son recogidas por el controlador principal 34, y los datos del voltaje del arco en cualquier momento particular durante el tiempo  $t$  de formación del arco pueden calcularse en base a la diferencia entre los voltajes de línea y de carga medidos en el tiempo particular usando las señales 20 de voltaje de la línea y las muestras 24 de voltaje de la carga. A continuación, en la etapa 56, el controlador principal 34 calcula la pérdida de masa debido a la erosión de los contactos,  $\Delta m$ , durante el evento de interrupción del arco usando uno o ambos de los datos de voltaje del arco y los datos de corriente del arco. Según el concepto descrito, la pérdida de

masa debida a la erosión de los contactos  $\Delta m$  durante el evento de interrupción del arco se puede calcular usando cualquiera de dos técnicas alternativas, cada una de las cuales se describe a continuación.

5 En la primera técnica, que se basa en la energía  $W_{total}$  del arco durante el evento de interrupción del arco, la energía  $W$  del arco se determina primero según la siguiente expresión:

$$W = \int_0^t V I dt \text{ (julios)},$$

10 donde  $W$  es la energía del arco,  $t$  es el tiempo de la formación del arco,  $V$  es el voltaje del arco e  $I$  es la corriente del arco. Entonces, la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos  $\Delta m$  durante el evento de interrupción del arco se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\Delta m = K \times \phi \left( \frac{mg}{\text{julios}} \right) \times W \text{ (julios)},$$

15 donde  $\Delta m$  es la pérdida de masa debido a la erosión del arco de los contactos durante la interrupción,  $\phi$  es la pérdida de masa por julio para el material usado en contactos separables 10, y  $K$  es un coeficiente que refleja el tiempo de duración durante el cual el arco permanece en los contactos.

20 En la segunda técnica, que se basa en cargas eléctricas  $Q$  totales durante la interrupción del arco, las cargas eléctricas  $Q$  totales se determinan primero según la siguiente expresión:

$$Q = \int_0^t I dt \text{ (culombio)},$$

25 donde  $Q$  es la cantidad de cargas eléctricas y  $t$  es el tiempo de formación del arco. Entonces, la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos  $\Delta m$  durante el evento de interrupción del arco se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\Delta m = K \times \delta \left( \frac{mg}{\text{culombio}} \right) \times Q \text{ (culombio)},$$

30 donde  $\Delta m$  es la pérdida de masa debido a la erosión del arco de los contactos durante la interrupción,  $\delta$  es la pérdida de masa por culombio para el material usado en contactos separables 10, y  $K$  es un coeficiente que refleja el tiempo de duración durante el cual el arco permanece en los contactos.

35 A continuación, después de calcular la pérdida de masa debido a la erosión  $\Delta m$  del contacto durante el evento de interrupción del arco usando cualquiera de las técnicas descritas anteriormente, el método pasa a la etapa 58. En la etapa 58 se determina la pérdida de masa total debido a la erosión de los contactos durante la vida del interruptor 2 de circuito. En la realización ilustrativa, esto se hace manteniendo y actualizando una variable de la suma progresiva  $\Delta m_{total}$ , que se inicializa como cero y se actualiza añadiendo  $\Delta m$  al total anterior cada vez que se calcula  $\Delta m$ .

40 Además, según un aspecto del concepto descrito, en base a características del interruptor de circuito y rendimiento del contacto, pueden establecerse múltiples umbrales de pérdida de masa de contacto para alertar a los clientes o personal de mantenimiento en cuanto a si es necesario reparar o reemplazar el interruptor 2 de circuito. Para diferentes materiales de contacto e interruptores, estos umbrales serán diferentes. Por lo tanto, después de la etapa 58, el método de la Fig. 2 pasa a la etapa 60, en donde se determina si  $\Delta m_{total}$  es mayor que un umbral de "reemplazo"

45 predeterminado. Si la respuesta es sí, entonces el método pasa a la etapa 62, en donde el indicador de estado del LED para el contacto separable 10 se pone en ROJO. Sin embargo, si la respuesta en la etapa 60 es no, entonces el método pasa a la etapa 64. En la etapa 64 se determina si  $\Delta m_{total}$  es mayor que un umbral de "pedir piezas", que es menor que el umbral de reemplazo. Si la respuesta es sí, entonces el método pasa a la etapa 66, en la que el indicador de estado del LED para el contacto separable se pone en NARANJA, después de lo cual el método vuelve a la etapa

50 52. Sin embargo, si la respuesta en la etapa 64 es no, entonces el método pasa a la etapa 68, en donde el indicador de estado del LED para el contacto separable 10 se pone en VERDE, después de lo cual el método vuelve a la etapa 52.

55 Según otro aspecto del concepto descrito, el controlador principal 34 monitorizará los indicadores del estado del LED para cada uno de los contactos separables 10 y hará que el LED 44 se ilumine en ROJO si alguno de los indicadores está en estado ROJO, hará que el LED 44 se ilumine en NARANJA si ninguno de los indicadores está en estado ROJO, pero al menos uno de los indicadores está en estado NARANJA, y se iluminará en VERDE si ninguno de los indicadores está en estado ROJO o NARANJA.

## ES 2 973 789 T3

5 En una realización ilustrativa, la vida restante de los contactos separables 10 se monitoriza en base a la pérdida de masa total determinada debido a la erosión de los contactos restada de una masa de contacto original de los contactos separables. Se apreciará que diversos interruptores de circuito tienen diferentes masas de contacto y que, para implementar esta realización, la masa de contacto original se determinará antes de que se haya producido algún evento de interrupción del arco.

10 En otra realización ilustrativa, el método puede implementarse en un sistema de comunicaciones para dar información respecto a la vida restante de los contactos separables 10 a un sistema remoto de supervisión, control y adquisición de datos (Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA, por sus siglas en inglés) que utilice comunicación inalámbrica o por cable hacia una tableta o un teléfono inteligente.

REIVINDICACIONES

1. Una unidad (16) de disparo electrónico para un interruptor (2) de circuito, teniendo el interruptor (2) de circuito un conjunto de contactos separables (10), comprendiendo la unidad (16) de disparo electrónico:

un módulo (18) de detección de voltaje del lado de la línea estructurado para medir primeros voltajes en un lado (12) de la línea de los contactos separables (10);  
 un módulo (22) de detección de voltaje del lado de carga estructurado para medir segundos voltajes en un lado (14) de carga de los contactos separables (10);  
 un sensor (26) de corriente estructurado para medir una corriente que fluye a través de una línea a la que se acoplan los contactos separables (10);  
 un controlador principal (34) estructurado y configurado para recibir información de primer voltaje en base a mediciones realizadas por el módulo (18) de detección de voltaje del lado de la línea, información de segundo voltaje en base a mediciones realizadas por el módulo (22) de detección de voltaje del lado de carga e información de corriente en base a mediciones realizadas por el sensor (26) de corriente, **caracterizada por que** el controlador principal (34) está además estructurado y configurado para:

- (i)determinar, para cada uno de una pluralidad de eventos de interrupción del arco en el interruptor (2) de circuito, una pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco en base a una o más de la información de primer voltaje, información de segundo voltaje e información de corriente,
- (ii)determinar una pérdida de masa total en base a cada pérdida de masa determinada debido a la erosión de los contactos, y
- (iii)monitorizar una vida restante de los contactos separables (10) en base a la pérdida de masa total determinada debido a la erosión de los contactos; y

un diodo emisor de luz estructurado para emitir luz en verde, naranja y rojo;  
 en donde el controlador principal (34) está además estructurado y configurado para:

- (i)controlar el diodo emisor de luz para emitir luz verde si la pérdida de masa total es menor que un primer nivel umbral en el que deben pedirse contactos separables de reemplazo,
- (ii)controlar el diodo emisor de luz para emitir luz naranja si la pérdida de masa total está entre el primer nivel umbral y un segundo nivel umbral en el que el interruptor de circuito no debe ponerse más en funcionamiento, y
- (iii)controlar el diodo emisor de luz para emitir luz roja si la pérdida de masa total está por encima del segundo nivel umbral.

2. La unidad (16) de disparo electrónico según la reivindicación 1, en donde el controlador principal (34) está estructurado y configurado para determinar, para cada uno de la pluralidad de eventos de interrupción del arco, la pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco determinando la energía total del arco para el evento de interrupción del arco en base a la información de primer voltaje, la información de segundo voltaje y la información de corriente y calculando la pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco en base a la energía total del arco determinada.

3. La unidad (16) de disparo electrónico según la reivindicación 2, en donde la energía total del arco para el evento de interrupción del arco se determina en base a la siguiente expresión:

$$W = \int_0^t V I dt \text{ (julios)},$$

donde  $W$  es la energía total del arco para el evento de interrupción del arco,  $t$  es un tiempo de formación del arco para el evento de interrupción del arco,  $V$  es el voltaje del arco determinado a partir de la información de primer voltaje y de la información de segundo voltaje, e  $I$  es la corriente del arco determinada a partir de la información de corriente.

4. La unidad (16) de disparo electrónico según la reivindicación 3, en donde la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\Delta m = K \times \emptyset \left( \frac{mg}{julios} \right) \times W \text{ (julios)},$$

donde  $\Delta m$  es la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco,  $\emptyset$  es una pérdida de masa por julio de un material usado en los contactos separables (10), y  $K$  es un

coeficiente que refleja una duración de tiempo durante la cual un arco permanece en los contactos separables (10).

5. La unidad (16) de disparo electrónico según la reivindicación 1, en donde el controlador principal (34) está estructurado y configurado para determinar, para cada uno de la pluralidad de eventos de interrupción del arco, la pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco determinando las cargas eléctricas totales para el evento de interrupción del arco en base a la información de corriente y calculando la pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco en base a las cargas eléctricas totales determinadas.

6. La unidad (16) de disparo electrónico según la reivindicación 5, en donde las cargas eléctricas totales para el evento de interrupción del arco se determinan en base a la siguiente expresión:

$$Q = \int_0^t Idt \text{ (culombio)},$$

donde  $Q$  son las cargas eléctricas totales y  $t$  es un tiempo de formación del arco del evento de interrupción del arco, y en donde la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\Delta m = K \times \delta \left( \frac{mg}{\text{culombio}} \right) \times Q \text{ (culombio)},$$

donde  $\Delta m$  es la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco,  $\delta$  es una pérdida de masa por culombio de carga eléctrica de un material usado en los contactos separables (10), y  $K$  es un coeficiente que refleja una duración de tiempo durante la cual un arco permanece en los contactos separables (10).

7. La unidad (16) de disparo electrónico según la reivindicación 1, en donde la monitorización de la vida restante de los contactos separables (10) se realiza en base a la pérdida de masa total determinada debido a la erosión de los contactos restada de una masa de contacto original para el interruptor (2) de circuito.

8. Un método para monitorizar un conjunto de contactos separables (10) de un interruptor (2) de circuito, que comprende las etapas de:

- medir primeros voltajes en un lado (12) de la línea de los contactos separables (10);
- medir segundos voltajes en un lado (14) de carga de los contactos separables (10);
- medir una corriente que fluye a través de una línea a la que se acoplan los contactos separables (10);
- recibir información de primer voltaje en base a los primeros voltajes medidos, información de segundo voltaje en base a los segundos voltajes medidos e información de corriente en base a la corriente medida; el método **caracterizado por** comprender las etapas de
- determinar, para cada uno de una pluralidad de eventos de interrupción del arco en el interruptor (2) del circuito, una pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco en base a una o más de la información de primer voltaje, información de segundo voltaje e información de corriente;
- determinar una pérdida de masa total debido a la erosión de los contactos en base a cada pérdida de masa determinada debido a la erosión de los contactos;
- monitorizar una vida restante de los contactos separables (10) en base a la pérdida de masa total determinada debido a la erosión de los contactos;
- controlar un diodo emisor de luz para emitir luz verde si la pérdida de masa total es menor que un primer nivel umbral en el que deben pedirse contactos separables de reemplazo;
- controlar el diodo emisor de luz para emitir luz naranja si la pérdida de masa total está entre el primer nivel umbral y un segundo nivel umbral en el que el interruptor del circuito no debe ponerse más en funcionamiento; y
- controlar el diodo emisor de luz para emitir luz roja si la pérdida de masa total está por encima del segundo nivel umbral.

9. El método según la reivindicación 8, en donde, para cada uno de la pluralidad de eventos de interrupción del arco, se determina la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco determinando la energía total del arco para el evento de interrupción del arco en base a la información de primer voltaje, la información de segundo voltaje y la información de corriente, y calculando la pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco en base a la energía total determinada del arco.

10. El método según la reivindicación 9, en donde la energía total del arco para el evento de interrupción del arco se determina en base a la siguiente expresión:

$$W = \int_0^t V I dt \text{ (julios)},$$

donde  $W$  es la energía total del arco para el evento de interrupción del arco,  $t$  es un tiempo de formación del arco para el evento de interrupción del arco,  $V$  es un voltaje del arco determinado a partir de la información de primer voltaje y de la información de segundo voltaje, e  $I$  es la corriente del arco determinada a partir de la información de corriente, y en donde la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\Delta m = K \times \emptyset \left( \frac{mg}{julios} \right) \times W \text{ (julios)},$$

donde  $\Delta m$  es la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco,  $\emptyset$  es una pérdida de masa por julio de un material usado en los contactos separables (10), y  $K$  es un coeficiente que refleja una duración de tiempo durante la cual un arco permanece en los contactos separables (10).

11. El método según la reivindicación 8, en donde, para cada uno de la pluralidad de eventos de interrupción del arco, se determina la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco determinando cargas eléctricas totales para el evento de interrupción del arco en base a la información de corriente y calculando la pérdida de masa debido a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco en base a las cargas eléctricas totales determinadas.

12. El método según la reivindicación 11, en donde se determinan las cargas eléctricas totales para el evento de interrupción del arco en base a la siguiente expresión:

$$Q = \int_0^t I dt \text{ (culombio)},$$

donde  $Q$  es las cargas eléctricas totales y  $t$  es un tiempo de formación del arco del evento de interrupción del arco, y en donde la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\Delta m = K \times \delta \left( \frac{mg}{culombio} \right) \times Q \text{ (culombio)},$$

donde  $\Delta m$  es la pérdida de masa debida a la erosión de los contactos durante el evento de interrupción del arco,  $\delta$  es una pérdida de masa por culombio de carga eléctrica de un material usado en los contactos separables (10), y  $K$  es un coeficiente que refleja una duración de tiempo durante la cual un arco permanece en los contactos.

13. Un medio legible por ordenador no transitorio que tiene un programa informático que comprende un código de programa configurado para implementar el método de la reivindicación 8 cuando es ejecutado por un ordenador.

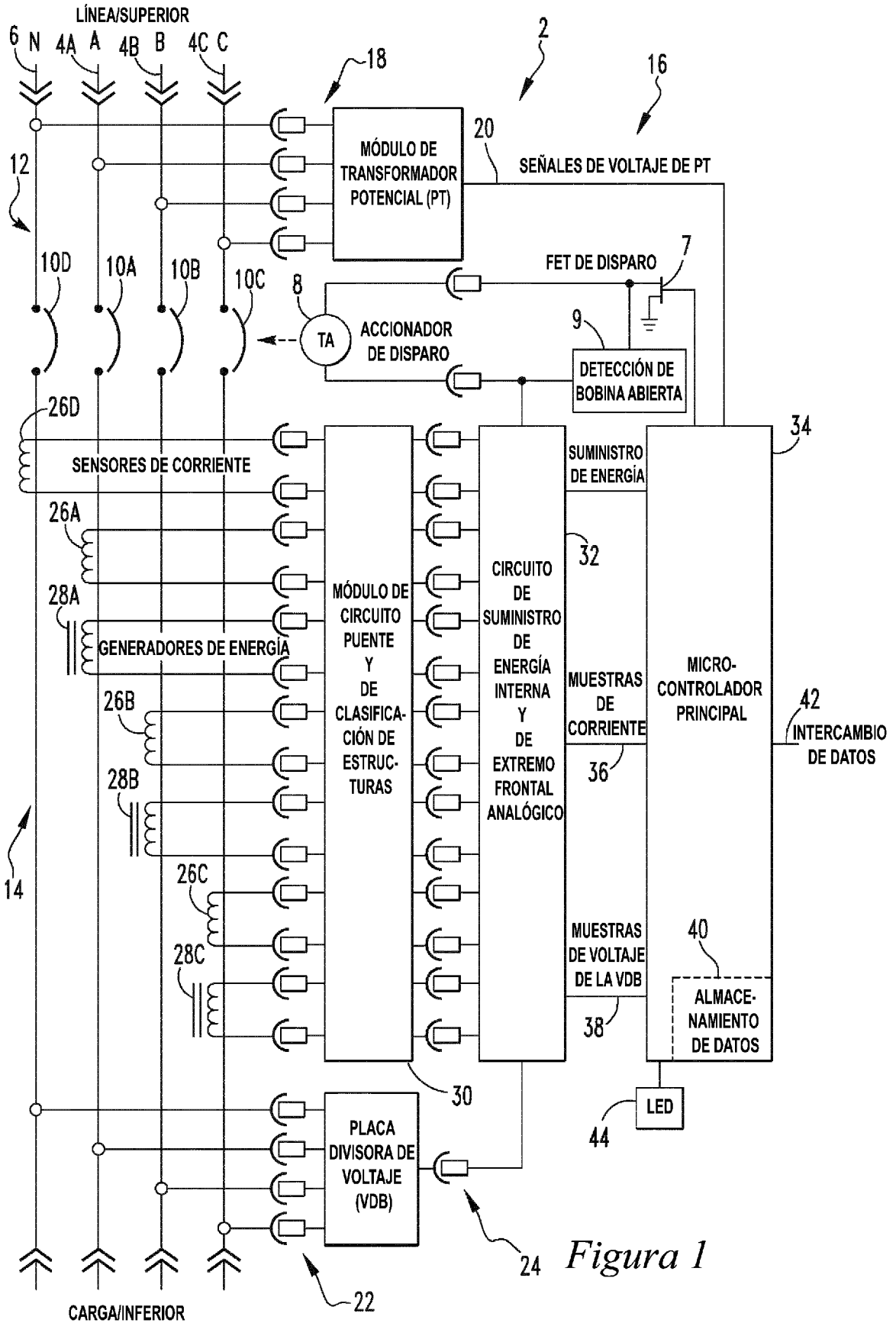


Figura 1

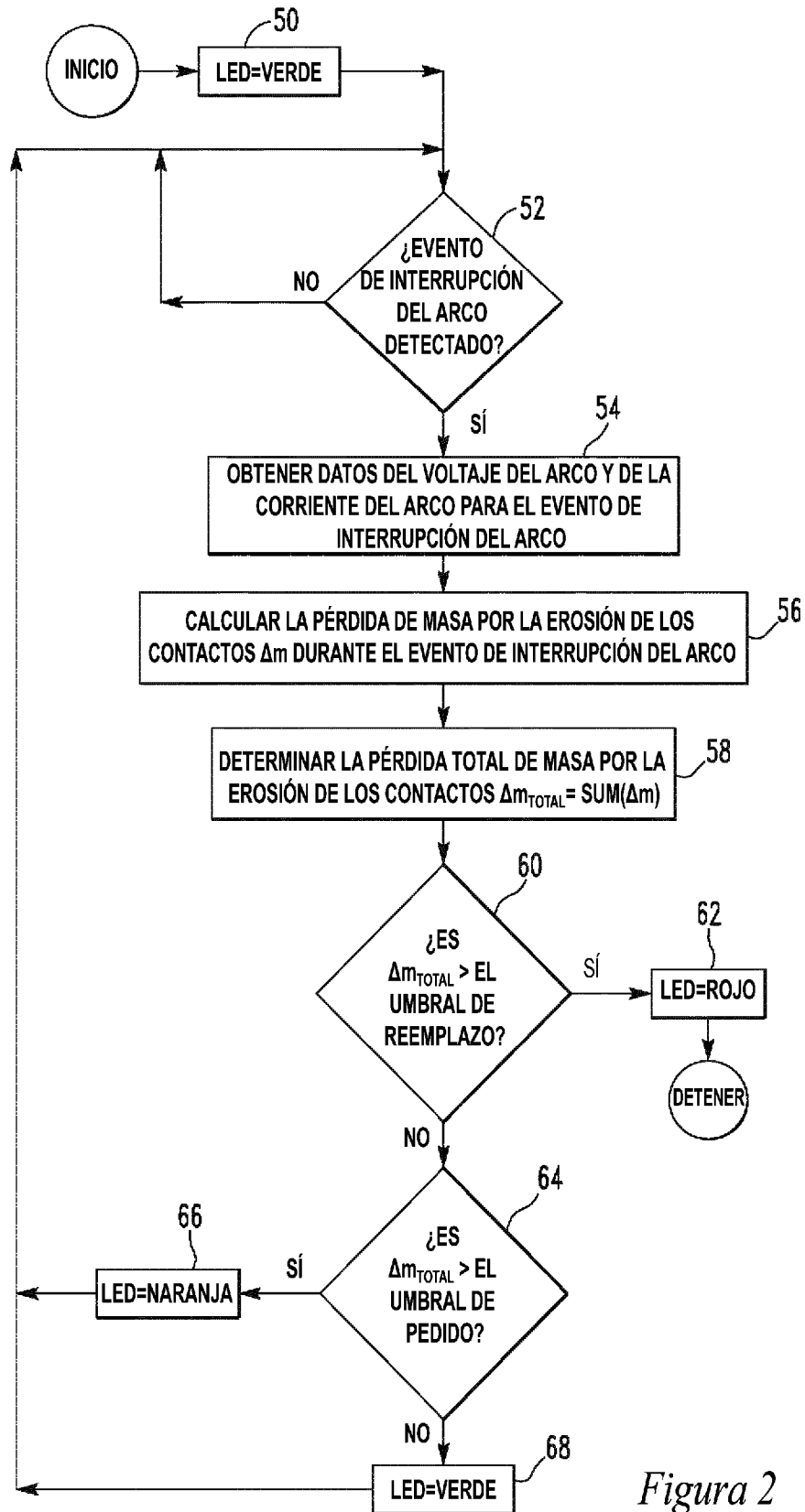


Figura 2