

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 283**

51 Int. Cl.:

H02H 3/44 (2006.01)

H02H 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2011** **E 11178464 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020** **EP 2426802**

54 Título: **Aparato y método para determinar rápidamente fallas en un sistema de potencia eléctrica**

30 Prioridad:

07.09.2010 KR 20100087616

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

23.03.2021

73 Titular/es:

LSIS CO., LTD. (100.0%)
1026-6, Hogye-Dong Dongan-gu, Anyang-si
Gyeonggi-do 431-080 , KR

72 Inventor/es:

JEONG, YOUNG WOO y
LEE, HYUN WOOK

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 813 283 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

Aparato y método para determinar rápidamente fallas en un sistema de potencia eléctrica

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

10 Un aspecto de la presente invención se refiere a un aparato y un método para determinar rápidamente la ocurrencia de una falla de corte o una falla a tierra en un sistema de potencia eléctrica. Más en particular, un aspecto de la presente invención se refiere a un aparato y un método para determinar si ocurre una falla en un relé que se usa en un sistema de potencia eléctrica, en el cual cuando fluye una corriente de falla debido a la ocurrencia repentina de una falla de corte o una falla a tierra en el sistema de potencia eléctrica en un estado de carga normal o sin carga, la corriente de falla se detecta rápidamente para proteger el sistema de potencia eléctrica.

15 2. Descripción de la Técnica Relacionada

Se usan varios tipos de relés para proteger un sistema cuando ocurre una corriente de corte o una sobrecorriente debido a una falla de corte o una falla a tierra, además de las condiciones normales de uso de una carga, entre los consumidores y los proveedores de generación, transmisión y distribución de energía, o en un sistema de potencia unitaria, después de que la electricidad se usa como energía.

20 Un relé de sobrecorriente (OCR) se conoce como un relé representativo. Además, los relés que tienen varios elementos de protección que incluyen voltaje, frecuencia y diferenciación se desarrollan y se usan ampliamente como relés digitales a través de relés analógicos.

25 Un elemento de protección de corriente de corte o sobrecorriente generalmente determina la ocurrencia de una falla mediante el uso del valor de la raíz cuadrática media (RMS) de una corriente de falla de 0,5 a 1 ciclo para determinar exactamente la falla y prevenir el mal funcionamiento de un sistema. Por lo tanto, un relé general tiene un tiempo de salida de disparo de aproximadamente 30 ms cuando determina la ocurrencia de una falla y luego genera una señal de disparo.

30 La Publicación de Patente US 2009/0198459 A1 describe un interruptor de circuito residencial multifuncional con una lógica de procesamiento analógica que se configura para calcular la primera derivada de una señal RSSI y analizar la primera derivada para determinar si la magnitud de la señal exhibe el cambio de tasa de tiempo de las características asociadas con una falla de arco en serie.

35 Sin embargo, el tiempo de salida del disparo es un poco largo para proteger el sistema en una situación específica. Aunque el relé general tiene una velocidad suficiente para proteger el sistema en las tecnologías electrónicas y digitales actuales, aún se necesita mucho tiempo para que el relé determine la ocurrencia de la falla.

40 En particular, dado que es difícil determinar una falla de arco que ocurre en el interior de un tablero de distribución o un dispositivo de potencia eléctrica dentro del tiempo de salida de disparo del relé general, no pueden evitarse daños al sistema, al dispositivo y a las personas.

45 Además, el tiempo de determinación de la falla en el relé general no puede satisfacer un tiempo de determinación corto necesario para los relés que requieren un disparo de alta velocidad en una corriente de falla grande.

50 Resumen de la invención

Las modalidades de la presente invención proporcionan un aparato y un método para determinar rápidamente la presencia de la ocurrencia una falla en un sistema de potencia eléctrica.

55 Las modalidades de la presente invención también proporcionan un aparato y un método para determinar rápidamente una falla en un sistema de potencia eléctrica, que puede prevenir daños al sistema, al dispositivo y a las personas al determinar la ocurrencia de una falla de arco en un tablero de distribución o un dispositivo de potencia eléctrica dentro de un tiempo de 0,125 a 0,25 ciclos o menos, sin un tiempo de espera de entrada con un valor RMS de 0,5 a 1 ciclo, en un relé que requiere un tiempo de determinación de alta velocidad.

60 Debe entenderse que los problemas técnicos a resolver por la presente invención no se limitan a los problemas técnicos antes mencionados y otros problemas técnicos que no se mencionan serán evidentes a partir de la siguiente descripción para la persona con un conocimiento ordinario en la técnica a la que pertenece la presente invención.

65 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para determinar rápidamente una falla en un sistema de potencia eléctrica, el aparato incluye: un transformador de corriente que se configura para detectar la corriente suministrada al sistema de potencia eléctrica y generar un voltaje de detección de corriente; una

5 unidad de determinación de corriente que se configura para comparar respectivamente el voltaje de detección de corriente, un voltaje diferencial de primer orden del voltaje de detección de corriente y un voltaje diferencial de segundo orden del voltaje de detección de corriente con el primer, segundo y tercer voltaje de referencia predeterminados; y una unidad de determinación de fallas que se configura para determinar si se produce un fallo con base en el resultado comparado de la unidad de determinación de corriente y generar una señal de disparo cuando se determina que ha ocurrido el fallo.

10 En algunas modalidades ilustrativas, la unidad de determinación de corriente puede incluir un primer comparador que se configura para comparar el voltaje de detección de corriente con el primer voltaje de referencia predeterminado; un primer diferenciador que se configura para generar el voltaje diferencial de primer orden al realizar una diferenciación de primer orden del voltaje de detección de corriente; un segundo comparador que se configura para comparar el voltaje diferencial de primer orden del primer diferenciador con el segundo voltaje de referencia predeterminado; un segundo diferenciador que se configura para generar el voltaje diferencial de segundo orden que se obtiene al realizar una diferenciación del voltaje diferencial de primer orden del primer diferenciador; y un tercer comparador que se configura para comparar el voltaje diferencial de segundo orden del segundo diferenciador con el tercer voltaje de referencia predeterminado.

20 Cuando el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de primer orden es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas puede determinar que ha ocurrido la falla y generar una señal de disparo.

25 Cuando el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de segundo orden es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas puede determinar que se ha producido la falla y generar una señal de disparo.

30 En algunas modalidades ilustrativas, el aparato puede incluir además un sensor óptico provisto en una porción en la que se genera luz en caso de que se produzca una falla de arco, el sensor óptico detecta la luz y emite una señal óptica; y una unidad de determinación de señal óptica que se configura para comparar un voltaje de detección óptico que se convierte a partir de la señal óptica con un cuarto voltaje de referencia predeterminado y enviar el resultado comparado a la unidad de determinación de fallas. La unidad de determinación de fallas puede determinar si se produce un fallo con base en el resultado comparado de la unidad de determinación de corriente y la unidad de determinación de señal óptica, y generar una señal de disparo cuando se determina que ha ocurrido el fallo.

35 En algunas modalidades ilustrativas, el sensor óptico puede ser una pluralidad de sensores ópticos puntuales.

En algunas modalidades ilustrativas, el sensor óptico puede ser un sensor óptico de bucle que se configura como un cable óptico cuya porción de la cubierta protectora está formada por un material transparente.

40 En algunas modalidades ilustrativas, la unidad de determinación de señal óptica puede incluir un conversor de señal eléctrica que se configura para convertir la señal óptica del sensor óptico en un voltaje de detección óptico que es una señal eléctrica; y un cuarto comparador que se configura para comparar el voltaje de detección óptico que se emite desde el conversor de señal eléctrica con el cuarto voltaje de referencia predeterminado.

45 Cuando el voltaje de detección óptico del sensor óptico es el cuarto voltaje predeterminado o más, y el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas puede determinar que se ha producido la falla y generar una señal de disparo.

50 Cuando el voltaje de detección óptico es el cuarto voltaje predeterminado o más, el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de primer orden del voltaje de detección de corriente es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas puede determinar que ha ocurrido la falla y generar una señal de disparo.

55 Cuando el voltaje de detección óptico es el cuarto voltaje predeterminado o más, el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de segundo orden del voltaje de detección de corriente es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas puede determinar que ha ocurrido la falla y generar una señal de disparo.

60 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para determinar rápidamente una falla en un sistema de potencia eléctrica, el método incluye las etapas de: (a) recibir un voltaje de detección de corriente introducido con base en la corriente que se suministra al sistema de potencia eléctrica; (b) recibir una señal óptica de un sensor óptico provisto en una porción en la que se genera luz en la ocurrencia de una falla de arco, y generar un voltaje de detección óptico a partir de la señal óptica; (c) generar un voltaje diferencial de primer orden al realizar una diferenciación del voltaje de detección de corriente, y generar un voltaje diferencial de segundo orden al realizar una diferenciación del voltaje diferencial de primer orden, (d) comparar respectivamente el voltaje de detección de corriente, el voltaje diferencial de primer orden, el voltaje diferencial de segundo orden y el voltaje de detección óptico con el primer, segundo, tercer y cuarto voltaje de referencia predeterminados; y (e) determinar si una falla ocurre con

base en el resultado comparado de la etapa (d), y generar una señal de disparo cuando se determina que ha ocurrido la falla.

5 Cuando el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de primer orden es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, o cuando el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de segundo orden es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la etapa (e) puede determinar que ha ocurrido la falla y generar una señal de disparo.

10 Cuando el voltaje de detección óptico es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de primer orden es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, la etapa (e) puede determinar que ha ocurrido la falla y generar una señal de disparo.

15 Cuando el voltaje de detección óptico es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de segundo orden es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la etapa (e) puede determinar que ha ocurrido la falla y generar una señal de disparo.

20 Breve descripción de los dibujos

Estos y/u otros aspectos y ventajas de la invención serán evidentes y se apreciarán más fácilmente a partir de la siguiente descripción de las modalidades ilustrativas, tomadas en conjunto con los dibujos adjuntos, de los cuales:
 25 las Figuras 1 y 2 son gráficos que muestran ejemplos de una corriente de falla que fluye cuando ocurre una falla de corte o una falla a tierra;
 la Figura 3 es un diagrama que muestra un sistema de potencia de CA simplificado o un circuito eléctrico simplificado;
 la Figura 4 es un gráfico que muestra una corriente de falla sinusoidal simétrica que fluye cuando ocurre una falla en un voltaje de una fase de $n\pi/2$;
 la Figura 5 es un gráfico que muestra una corriente de falla sinusoidal asimétrica que fluye cuando ocurre una falla en
 30 un voltaje de una fase de $n\pi$;
 la Figura 6 es un gráfico que muestra una forma de onda que se obtiene al realizar una diferenciación de segundo orden de una corriente de falla sinusoidal simétrica que fluye cuando ocurre una falla en un voltaje de una fase de $n\pi/2$;
 la Figura 7 es un gráfico que muestra una forma de onda que se obtiene al realizar una diferenciación de segundo
 35 orden de una corriente de falla sinusoidal simétrica que fluye cuando ocurre una falla en un voltaje de una fase de $n\pi$; y la Figura 8 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato para determinar rápidamente una falla en un sistema de potencia eléctrica de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

40 Descripción detallada de la invención

La presente invención se describe más completamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran modalidades de la presente invención. Sin embargo, esta presente invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las modalidades establecidas en este documento. Más bien, estas modalidades se proporcionan de modo que esta descripción sea exhaustiva y transmitirá
 45 completamente el alcance de la presente invención a los expertos en la materia.

En caso de que ocurra una falla de corte o una falla a tierra en un sistema de potencia eléctrica, fluye una corriente de falla como se muestra en las Figuras 1 o 2.

50 En el caso de que la falla ocurra cerca de un voltaje de una fase de $n\pi$ (aquí, n es 0, 1, 2, ...), se agrega un componente de CC a una corriente de falla, de modo que la corriente de falla tiene una forma de onda asimétrica como se muestra en la Figura. En el caso de que la falla ocurra en el voltaje de la fase de $n\pi$, el componente de CC más grande se agrega a la corriente de falla. A medida que el tiempo de ocurrencia de la falla se desplaza a la proximidad de un voltaje pico, es decir, un voltaje de una fase de $n\pi/2$ (aquí, n es 1, 2, 3, ...), el componente de CC disminuye, de modo
 55 que la corriente de falla tiene una forma de onda simétrica como se muestra en la Figura 2.

Generalmente, en la mayoría de los métodos para determinar una falla en un elemento de protección de corriente de corte y sobrecorriente que se usa en un relé, el relé recibe el valor de la raíz cuadrática media (RMS) de una corriente de falla durante 0,5 a 1 ciclo. Luego, en el caso de que el valor RMS sea mayor que un valor de referencia predeterminado, el relé determina que se ha producido la falla y genera una señal de disparo.
 60

Aquí, el valor RMS corresponde al área de la forma de onda en el gráfico que se muestra en las Figuras 1 o 2.

El cálculo para determinar la ocurrencia de la falla puede realizarse mediante el uso de un método analógico. Recientemente, el cálculo se ha implementado con frecuencia al usar un circuito electrónico digital.
 65

Generalmente, los relés para proteger la corriente de corte y la sobrecorriente determinan la presencia de ocurrencia de una falla al recibir el valor RMS de una corriente de falla durante 0,5 a 1 ciclo y, por lo tanto, la confiabilidad para la determinación de la falla es muy alta. Sin embargo, aunque los relés operan a alta velocidad gracias a un hardware con un desempeño muy excelente, se toma mucho tiempo para determinar la ocurrencia de la falla al recibir el valor RMS. Los relés que incluyen elementos de relé suelen tener un tiempo de salida de la señal de disparo de unos 30 ms.

Por lo tanto, es imposible aplicar los métodos a una falla de arco en un tablero de distribución o un dispositivo de potencia eléctrica o un relé que requiere una operación de muy alta velocidad.

En particular, si la energía de falla ocurre en forma de un arco junto con una corriente de falla muy alta en la falla del arco, la alta presión y el calor elevado, acompañados de la energía de falla, alcanzan un valor máximo de 10 a 15 ms. Por lo tanto, se dañan el dispositivo de alimentación eléctrica incorporado y la carcasa externa, y pueden causarse daños a personas cuando haya personas cerca del dispositivo.

Cuando se considera un tiempo de operación de aproximadamente 30 ms que se requiere en un elemento de protección de sobrecorriente general y un tiempo de operación de un interruptor de circuito, el tiempo de operación es demasiado tarde para evitar daños al sistema, dispositivos eléctricos y personas.

Un sistema de potencia de CA o un circuito eléctrico pueden simplificarse generalmente como se muestra en la Figura 3. La corriente de carga I_L determinada por la impedancia de línea Z_L , impedancia de una carga denominada Carga y voltaje de alimentación E_s del sistema fluye en condiciones normales de carga.

Si ocurre una falla de corte o una falla a tierra, denominadas Falla, en un momento arbitrario, fluye una corriente de falla muy alta I_{sc} limitada solo por la impedancia de línea I_L . En el caso de que la falla de corte o falla a tierra ocurra en un voltaje de una fase de $n\pi$, fluye una corriente de falla sinusoidal asimétrica como se muestra en la Figura 1. En el caso de que la falla de corte o falla a tierra ocurra en un voltaje de una fase de $n\pi/2$, fluye una corriente de falla sinusoidal simétrica como se muestra en la Figura 2. En el caso de que la falla de corte o falla a tierra ocurra en un voltaje de una fase entre $n\pi$ y $n\pi/2$, una corriente de falla asimétrica que contiene un componente de CC atenuado en proporción al ángulo de fase.

En caso de que ocurra una falla de arco, un arco alcanza un valor máximo dentro de aproximadamente 10 a 15 ms. Por lo tanto, el relé general no puede eliminar el daño causado por la falla del arco para proteger la corriente de corte y la sobrecorriente.

Recientemente, se han desarrollado relés que tienen elementos de protección de arco para proteger dispositivos y personas de una falla de arco. Estos relés determinan la presencia de una falla de arco dentro de 0,5 a 15 ms y luego generan una señal de disparo.

Para determinar la ocurrencia de una falla a alta velocidad, necesariamente se mantiene la confiabilidad, así como un tiempo de determinación rápido.

Por consiguiente, en la presente invención, la ocurrencia de la falla no se determina mediante el uso de un valor RMS sino que se determina mediante el uso de un valor instantáneo de una forma de onda de la corriente. La ocurrencia de la falla se determina a alta velocidad procesando información con base en la forma de onda de la corriente. En la presente invención, los elementos para determinar la ocurrencia de una falla son los siguientes. En un aparato para determinar rápidamente una falla en un sistema de potencia eléctrica de acuerdo con la presente invención, el valor instantáneo de la corriente, el valor diferencial del valor instantáneo de la corriente y el valor instantáneo de una señal óptica se detectan como voltajes, y los voltajes detectados se usan para determinar la ocurrencia de la falla.

1. Valor instantáneo de la corriente de falla: $i(t)$
2. Valor diferencial de primer orden del valor instantáneo de la corriente de falla:

$$\frac{di(t)}{dt}$$

3. Valor diferencial de segundo orden del valor instantáneo de la corriente de falla:

$$\frac{d^2i(t)}{dt^2}$$

4. Valor instantáneo de la señal óptica que se detecta por el sensor óptico en la falla de arco: $L(t)$

En la presente invención, se puede realizar una determinación altamente confiable de la falla a una velocidad muy alta estableciendo valores de referencia apropiados (es decir, voltajes de referencia) para los cuatro elementos respectivos descritos anteriormente y mediante la realización de operaciones lógicas de suma y multiplicación de los cuatro

elementos.

Dado que el componente de inductancia incluido en el sistema de potencia eléctrica tiene la característica de prevenir el cambio repentino y la discontinuidad de la corriente, se toma un tiempo predeterminado para aumentar la corriente desde el valor de la corriente normal hasta el valor pico de una corriente de falla cuando ocurre una falla a tierra.

Por lo tanto, si solo se compara el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla con el valor de referencia predeterminado para determinar la ocurrencia de una falla a alta velocidad durante 0,125 ciclos o menos, la estabilidad de la determinación de la falla es baja y se necesita mucho tiempo para determinar la ocurrencia de la falla.

Para resolver tal problema, se propone un método para mantener una alta confiabilidad y reducir el tiempo para determinar la falla mediante el uso de $\frac{di(t)}{dt}$ que es un valor diferencial de primer orden que se obtiene al realizar

una diferenciación de primer orden del valor instantáneo de la corriente de falla junto con el valor instantáneo de la corriente de falla.

El tiempo necesario para satisfacer las condiciones de falla puede reducirse al establecer el valor de referencia para el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla para que sea ligeramente mayor que el de la corriente normal, y la

confiabilidad puede satisfacerse al establecer el valor de referencia para el valor diferencial de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$

del valor instantáneo $i(t)$ como un valor ordinario alto. Es decir, como se muestra en las Figuras 4 y 5, la alta fiabilidad y el rápido tiempo de determinación pueden garantizarse mediante el uso de la característica $\frac{di(t)}{dt}$ del valor

diferencial de primer orden dt del valor instantáneo $i(t)$, que muestra un valor superior al valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla en el momento en que ocurre la falla.

En un caso, la falla se determina mediante el uso de solo el $\frac{di(t)}{dt}$ valor diferencial de primer orden dt del valor instantáneo $i(t)$, el mal funcionamiento puede ocurrir debido a una sobretensión instantánea. Por lo tanto, la posibilidad del mal funcionamiento se elimina necesariamente al aplicar la siguiente condición de la multiplicación lógica (Y) al valor diferencial de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$.

(a) $i(t)$ primer valor de referencia Y $\frac{di(t)}{dt}$ segundo valor de referencia En un caso, el valor instantáneo $i(t)$ de

la corriente de falla es un primer valor de referencia predeterminado o más, y el valor diferencial de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$ es un segundo valor de referencia predeterminado o más, se determina que ha

ocurrido la falla.

Puede obtenerse un tiempo de determinación de falla suficientemente rápido mediante el uso de un método para determinar la falla al aplicar condiciones de multiplicación lógica (Y) al valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla y el

valor diferencial de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$. Sin embargo, en el caso de que la relación en

amplitud entre la corriente normal y la corriente de falla no sea grande y la corriente de falla asimétrica fluya, puede ocurrir una situación en la que no sea suficiente para determinar la falla a una alta velocidad de aproximadamente 1 a 2 ms al aplicar las condiciones de la multiplicación lógica (Y) al valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla y el valor

diferencial de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$.

Para resolver un problema tal que la determinación de la falla se vuelve lenta, en la presente invención, se proporciona un método para determinar una falla al aplicar las condiciones de la multiplicación lógica (Y) no solo al valor instantáneo

$i(t)$ de la corriente de falla y el valor diferencial de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$ pero también el

segundo valor diferencial $\frac{d^2i(t)}{dt^2}$ del valor instantáneo $i(t)$ como se describe a continuación.

(b) $i(t)$ primer valor de referencia Y $\left\{ \frac{di(t)}{dt} \right.$ segundo valor de referencia O $\left. \frac{di^2(t)}{dt^2} \right.$ tercer valor de referencia }

Es decir, en un caso, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer valor de referencia predeterminado o más, y el valor diferencial de segundo orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$ es el segundo valor de referencia

predeterminado o más, se determina que ha ocurrido la falla. Alternativamente, en un caso, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer valor de referencia predeterminado o más, y el valor diferencial de segundo orden

$\frac{di^2(t)}{dt^2}$ del valor instantáneo $i(t)$ es un tercer valor de referencia predeterminado o más, se determina que ha ocurrido la falla.

El valor diferencial de segundo orden $\frac{di^2(t)}{dt^2}$ del valor instantáneo $i(t)$ contiene muchos componentes asimétricos

como se muestra en las Figuras 6 y 7, y permite realizar la determinación rápida de la falla cuando la relación en amplitud entre la corriente normal y la corriente de falla no es grande.

Mientras tanto, en el caso de que ocurra una falla de arco, la confiabilidad y rapidez de la determinación de la falla puede asegurarse mediante el uso de una señal óptica junto con las condiciones antes mencionadas para la determinación de la falla en un sistema que tiene el hardware capaz de convertir una señal óptica de un sensor óptico en una señal eléctrica y determinar la ocurrencia de la falla.

En el caso de que se use la señal óptica, la ocurrencia de una falla se determina como sigue.

(c) $L(t)$ cuarto valor de referencia Y $i(t)$ valor de referencia

(d) $L(t)$ valor de referencia Y $i(t)$ primer valor de referencia Y $\frac{di(t)}{dt}$ segundo valor de referencia

(e) $L(t)$ cuarto valor de referencia Y $i(t)$ primer valor de referencia Y $\left\{ \frac{di(t)}{dt} \right.$ segundo valor de referencia O

$\left. \frac{di^2(t)}{dt^2} \right.$ tercer valor de referencia }

Es decir, en (c), se determina que la falla ha ocurrido cuando el valor instantáneo $L(t)$ de la señal óptica es un cuarto valor de referencia predeterminado o más, y el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer valor de referencia predeterminado o más. En (d), se determina que la falla ha ocurrido cuando el valor instantáneo $L(t)$ de la señal óptica es el cuarto valor de referencia predeterminado o más, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es

el primer valor de referencia predeterminado o más, y el valor de diferencia de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor

instantáneo $i(t)$ es el segundo valor de referencia predeterminado o más. En (e), se determina que la falla ha ocurrido cuando el valor instantáneo $L(t)$ de la señal óptica es el cuarto valor de referencia predeterminado o más, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer valor de referencia predeterminado o más, y el valor diferencial de

primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$ es el segundo valor de referencia predeterminado o más.

Alternativamente, en (e), se determina que la falla ha ocurrido cuando el valor instantáneo $L(t)$ de la señal óptica es el cuarto valor de referencia predeterminado o más, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer valor de

referencia predeterminado o más, y el valor diferencial de segundo orden $\frac{di^2(t)}{dt^2}$ del valor instantáneo $i(t)$ es el tercer valor de referencia predeterminado o más.

En la presente invención, la presencia de escala de una falla en un momento inicial de la falla puede determinarse de manera rápida y confiable mediante el uso del valor instantáneo de la corriente y los valores diferenciales de primer y segundo orden del valor instantáneo. En caso de que se prepare un sensor óptico y un sistema para determinar una falla de arco, puede mejorarse la rapidez y confiabilidad de la determinación de la falla mediante el uso de una señal óptica del sensor óptico así como el valor instantáneo de la corriente y los valores diferenciales de primer y de segundo orden del valor instantáneo.

La Figura 8 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato para determinar rápidamente una falla en un sistema de potencia eléctrica de acuerdo con una modalidad de la presente invención. Aquí, el número de referencia 800 denota un transformador de corriente. El transformador de corriente 800 se conecta a una línea para

suministrar energía a una carga o sistema de potencia eléctrica para detectar, como el voltaje, la corriente de la energía suministrada a la carga o al sistema de potencia eléctrica. Por lo tanto, los valores de referencia del primero al cuarto pueden ser valores de voltaje. En la siguiente descripción, los valores de referencia del primero al cuarto se denominan del primer al cuarto voltaje de referencia, respectivamente.

5 El número de referencia 810 denota una unidad de determinación de corriente. La unidad de determinación de corriente 810 determina si una señal de salida del transformador de corriente 800, el valor diferencial de primer orden que se obtiene al realizar una diferenciación de primer orden de la señal de salida del transformador de corriente 800 y un valor diferencial de segundo orden que se obtiene al realizar una diferenciación de segundo orden de la señal de salida del transformador de corriente

10 800 son sus valores de referencia predeterminados o más, respectivamente. La unidad de determinación de corriente 810 incluye un amplificador 812, un primer comparador 814, un primer diferenciador 816, un segundo comparador 818, un segundo diferenciador 820 y un tercer comparador 822.

15 El amplificador 812 amplifica el voltaje detectado del transformador de corriente 800.

El primer comparador 814 determina si el voltaje de salida del amplificador 812 es un primer voltaje de referencia predeterminado o más.

20 El primer diferenciador 816 realiza una diferenciación de primer orden del voltaje de salida del amplificador 812.

El segundo comparador 818 determina si el voltaje de salida del primer diferenciador 816 es un segundo voltaje de referencia predeterminado o más.

25 El segundo diferenciador 820 genera un voltaje diferencial de segundo orden que se obtiene al realizar de nuevo una diferenciación del voltaje de salida del primer diferenciador 816.

30 El tercer comparador 822 determina si el voltaje de salida del segundo diferenciador 820 es un tercer voltaje de referencia predeterminado o más.

35 El número de referencia 830 denota un sensor óptico. El sensor óptico 830 puede detectar luz, por ejemplo, al disponer respectivamente de una pluralidad de sensores ópticos puntuales en una pluralidad de posiciones en las que los sensores ópticos puntuales deben detectar la ocurrencia de una falla de arco en un relé o similar. Aquí, el sensor óptico puntual detecta luz en un punto específico.

40 El sensor óptico 830 puede ser un sensor óptico de bucle que se configura como un cable óptico cuya porción de la cubierta protectora se hace de un material transparente. En el caso de que la luz intensa de un arco incida sobre el cable óptico por efecto de dispersión, la luz incidente penetra en un núcleo del cable óptico, detectando así la luz en ambos extremos del cable.

El número de referencia 840 denota una unidad de determinación de señal óptica. La unidad de determinación de señal óptica 840 incluye un conversor de señal eléctrica 842, un amplificador 844 y un cuarto comparador 846.

45 El conversor de señal eléctrica 842 convierte una señal óptica detectada por el sensor óptico 830 en una señal eléctrica, es decir, un voltaje de detección óptico.

El amplificador 844 amplifica el voltaje de detección óptico que se emite por el conversor de señal eléctrica 842.

50 El cuarto comparador 846 determina si el voltaje de salida del amplificador 844 es un cuarto voltaje de referencia predeterminado o más.

55 El número de referencia 850 denota una unidad de determinación de fallas. La unidad de determinación de fallas 850 determina si ocurre una falla con base en las señales de salida de la unidad de determinación de corriente 810 y la señal óptica

60 unidad de determinación 840. En el caso de que se determine que ha ocurrido la falla, la unidad de determinación de fallas 850 genera una señal de disparo para cortar la potencia eléctrica suministrada a la carga o al sistema de potencia eléctrica.

65 Aunque se ha ilustrado en la Figura 8 que el transformador de corriente 800 y la unidad de determinación de corriente 810 se proporcionan al aparato, la pluralidad de transformadores de corriente 800 y la pluralidad de unidades de determinación de corriente 810 pueden proporcionarse al aparato de acuerdo con el número de líneas para suministrar potencia eléctrica a la carga o al sistema de potencia eléctrica. Por ejemplo, en el caso de que se suministre potencia eléctrica a la carga o al sistema de potencia eléctrica a través de cuatro líneas en el sistema trifásico de cuatro líneas, los cuatro transformadores de corriente 800 y las cuatro unidades de determinación de corriente 810 pueden

proporcionarse al aparato. En el caso de que se suministre potencia eléctrica a la carga o al sistema de potencia eléctrica a través de tres líneas en el sistema trifásico de tres líneas, los tres transformadores de corriente 800 y las tres unidades de determinación de corriente 810 pueden proporcionarse al aparato.

5 En la Figura 8, se ha ilustrado como ejemplo un caso en el que se proporcionan al aparato un sensor óptico 830 y una unidad de determinación de señal óptica 840. Sin embargo, en el caso de que se use una pluralidad de sensores ópticos puntuales como el sensor óptico 830, la pluralidad de sensores ópticos puntuales y la pluralidad de unidades de determinación de señales ópticas 840 pueden proporcionarse al aparato.

10 En el aparato de la presente invención, que se configura como se describe anteriormente, en el caso de que se suministre potencia eléctrica a la carga o al sistema de potencia eléctrica, el transformador de corriente 800 detecta, como voltaje, la corriente de la potencia eléctrica que se suministra a la carga o al sistema de potencia eléctrica.

15 El voltaje de detección de corriente que se detecta por el transformador de corriente 800 se introduce en el amplificador 812 de la unidad de detección de corriente 810, y el amplificador 812 amplifica el voltaje de detección de corriente introducido. El voltaje de detección de corriente que se amplifica por el amplificador 812 se introduce en el primer comparador 814.

20 Entonces, el primer comparador 814 compara el voltaje de detección de corriente que se introduce desde el amplificador 812 con el primer voltaje de referencia predeterminado, y emite una señal de resultado comparado. Es decir, el primer comparador 814 compara si el voltaje de salida del amplificador 812 es el primer valor de referencia predeterminado o más, y emite la señal de resultado comparado.

25 El voltaje de salida del amplificador 812 se introduce en el primer diferenciador 816 y se realiza una diferenciación de primer orden con respecto al voltaje introducido. El voltaje diferencial de primer orden del primer diferenciador 816 se introduce en el segundo comparador 818.

30 Entonces, el segundo comparador 818 compara el voltaje diferencial de primer orden que se introduce desde el primer diferenciador 816 con el segundo voltaje de referencia predeterminado, y emite una señal de resultado comparado. Es decir, el segundo comparador 818 compara si el voltaje diferencial de primer orden del primer diferenciador 816 es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, y emite la señal de resultado comparado.

35 El segundo diferenciador 820 genera un voltaje diferencial de segundo orden que se obtiene al realizar de nuevo una diferenciación de la señal diferencial de primer orden del primer diferenciador 816, y el voltaje diferencial de segundo orden generado se introduce en el tercer comparador 822.

40 Entonces, el tercer comparador 822 compara el voltaje diferencial de segundo orden que se introduce desde el segundo diferenciador 820 con el tercer voltaje de referencia predeterminado, y emite una señal de resultado comparado. Es decir, el tercer comparador 822 compara si el voltaje diferencial de segundo orden del segundo diferenciador 820 es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, y emite la señal de resultado comparado.

45 En caso de que ocurra una falla de arco, el sensor óptico detecta luz y genera una señal óptica. La señal óptica generada se introduce en el conversor de señal eléctrica 842 de la unidad de determinación de señales ópticas 840, y el conversor de señal eléctrica 842 convierte la señal óptica introducida en una señal eléctrica, es decir, un voltaje de detección óptico.

50 El voltaje de detección óptico que se convierte por el conversor de señal eléctrica 842 se introduce al amplificador 844 y el amplificador 844 amplifica la señal de detección óptica introducida. La señal de detección óptica amplificada se introduce en el cuarto comparador 846.

55 Luego, el cuarto comparador 846 compara el voltaje de detección óptico que se introduce desde el amplificador 844 con el cuarto voltaje de referencia predeterminado, y emite una señal de resultado comparado. Es decir, el cuarto comparador 846 compara si el voltaje de detección óptico amplificado por el amplificador 844 es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, y emite la señal de resultado comparado.

Mientras tanto, la unidad de determinación de fallas 850 recibe señales de salida que se introducen respectivamente desde la unidad de determinación de corriente 810 y la unidad de determinación de señal óptica 840, y determina si ha ocurrido un fallo en el suministro de potencia eléctrica.

60 Es decir, en un caso sólo se proporcionan al aparato el transformador de corriente 800 y la unidad de determinación de corriente 810, la unidad de determinación de fallas 850 determina la ocurrencia de la falla al aplicar la siguiente expresión lógica.

65 $i(t)$ primer voltaje de referencia Y $\left\{ \frac{di(t)}{dt}$ segundo voltaje de referencia O $\frac{di^2(t)}{dt^2}$ tercer voltaje de referencia $\right\}$

Es decir, en un caso el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es un primer voltaje de referencia predeterminado o más, el valor diferencial de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$ es un segundo voltaje de referencia

5 predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas 850 determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo. Alternativamente, en un caso el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es un primer voltaje de referencia predeterminado o más, el valor diferencial de segundo orden $\frac{di^2(t)}{dt^2}$ del valor instantáneo $i(t)$ es un tercer
10 voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas 850 determina que la falla ha ocurrido y genera una señal de disparo.

En un caso el transformador de corriente 800, la unidad de determinación de corriente 810, el sensor óptico 830 y la unidad de determinación de señal óptica 840 se proporcionan todas al aparato, la unidad de determinación de fallas 850 recibe las señales de salida introducidas respectivamente desde la unidad de determinación de corriente 810 y la unidad de determinación de señal óptica 840, y determina si la falla ocurre al aplicar las siguientes expresiones lógicas. $L(t)$ cuarto voltaje de referencia Y $i(t)$ voltaje de referencia

20 $L(t)$ cuarto voltaje de referencia Y $i(t)$ primer voltaje de referencia Y $\frac{di(t)}{dt}$ segundo voltaje de referencia

$L(t)$ cuarto valor de referencia Y $i(t)$ primer voltaje de referencia Y { $\frac{di(t)}{dt}$ segundo voltaje de referencia O $\frac{di^2(t)}{dt^2}$ tercer voltaje de referencia}

25 Es decir, en un caso, el valor instantáneo $L(t)$ de la señal óptica es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, y el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas 850 determina que se ha producido la falla y genera una señal de disparo. En un caso, el valor instantáneo $L(t)$ de la señal óptica es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el valor diferencial

30 de primer orden $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$ es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas 850 determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo. En un caso, el valor instantáneo $L(t)$ de la señal óptica es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el valor diferencial de primer orden

35 $\frac{di(t)}{dt}$ del valor instantáneo $i(t)$ es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, o en un caso el valor instantáneo $L(t)$ de la señal óptica es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente de falla es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el valor diferencial de segundo orden

40 $\frac{di^2(t)}{dt^2}$ del valor instantáneo $i(t)$ es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas 850 determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo.

45 De acuerdo con la presente invención, las amplitudes de los voltajes de referencia de falla de un valor instantáneo de una corriente de falla, el valor diferencial de primer orden y el valor diferencial de segundo orden se controlan mediante el uso del valor instantáneo de una señal de corriente, los valores diferenciales de primer orden y segundo orden del valor instantáneo como información, de modo que sea posible determinar de manera rápida y confiable la presencia de la ocurrencia de una falla.

50 Además, en el caso de que se prepare un sensor óptico y un sistema para la determinación de una falla de arco, la determinación rápida y confiable de la falla puede mejorarse mediante el uso de una señal óptica y el valor diferencial de la señal óptica.

55 De acuerdo con la presente invención, es posible desarrollar un relé para determinar la ocurrencia de una falla a una velocidad súper alta. Es decir, es posible desarrollar un relé capaz de determinar la ocurrencia de una falla en un sistema de potencia eléctrica o circuito eléctrico durante 0,125 ciclos o menos.

60 En la presente invención, los valores diferenciales de primer y segundo orden del valor instantáneo de la corriente pueden obtenerse mediante el uso de un circuito digital, un método de software o un circuito analógico. Particularmente, cuando la corriente se mide mediante el uso de una bobina de Rogowski, la salida medida es un voltaje en proporción al valor diferencial del valor de corriente y, por lo tanto, el voltaje puede usarse inmediatamente como el valor diferencial de primer orden. Sin embargo, esto corresponde a una modalidad en la que el algoritmo de la presente invención se implementa mediante el uso de un método de hardware, y la modalidad no puede verse como una nueva invención.

65

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para determinar rápidamente una falla en un sistema de potencia eléctrica, que protege el sistema de potencia eléctrica mediante la detección de la corriente suministrada al sistema de potencia eléctrica, el aparato que comprende:
 5 un transformador de corriente (800) que se configura para detectar la corriente suministrada al sistema de potencia eléctrica y generar un voltaje de detección de corriente; una unidad de determinación de corriente (810) que se configura para comparar respectivamente el voltaje de detección de corriente y un voltaje diferencial de primer orden del voltaje de detección de corriente con el primer y el segundo voltaje de referencia predeterminados; y una unidad de determinación de fallas (850) que se configura para determinar si ocurre una
 10 falla con base en el resultado comparado de la unidad de determinación de corriente (810) y generar una señal de disparo cuando se determina que ha ocurrido la falla, el aparato **caracterizado porque**, la unidad de determinación de corriente (810) se configura también para comparar un voltaje diferencial de segundo orden del voltaje de detección de corriente con un tercer voltaje de referencia predeterminado.
- 15 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de determinación de corriente (810) caracterizada porque:
 un primer comparador (814) se configurado para comparar el voltaje de detección de corriente con el primer voltaje de referencia predeterminado;
 20 un primer diferenciador (816) configurado para generar el voltaje diferencial de primer orden que se obtiene al realizar una diferenciación de primer orden del voltaje de detección de corriente;
 un segundo comparador (818) configurado para comparar el voltaje diferencial de primer orden del primer diferenciador (816) con el segundo voltaje de referencia predeterminado;
 25 un segundo diferenciador (820) configurado para generar el voltaje diferencial de segundo orden que se obtiene al realizar una diferenciación del voltaje diferencial de primer orden del primer diferenciador (816); y
 un tercer comparador (822) configurado para comparar el voltaje diferencial de segundo orden del segundo diferenciador (820) con el tercer voltaje de referencia predeterminado.
- 30 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque, cuando el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de primer orden es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas (850) determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo.
- 35 4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque, cuando el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de segundo orden es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas (850) determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo.
- 40 5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 a 4, además caracterizado porque: un sensor óptico (830) que se proporciona en una porción en la que se genera luz en caso de una falla de arco, el sensor óptico que detecta la luz y que emite una señal óptica; y una unidad de determinación de señal óptica (840) configurada para comparar un voltaje de detección óptico que se convierte a partir de la señal óptica con un cuarto voltaje de referencia predeterminado y enviar el resultado comparado a la unidad de determinación de fallas 850, en
 45 donde la unidad de determinación de fallas (850) determina si un fallo ocurre con base en el resultado comparado de la unidad de determinación de corriente (810) y la unidad de determinación de la señal óptica 840, y genera una señal de disparo cuando se determina que ha ocurrido el fallo.
- 50 6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el sensor óptico (830) es una pluralidad de sensores ópticos puntuales.
7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el sensor óptico (830) es un sensor óptico de bucle que se configura como un cable óptico cuya porción de la cubierta protectora se forma por un material transparente.
- 55 8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la unidad de determinación de señal óptica (840) comprende:
 un conversor de señal eléctrica (842) que se configura para convertir la señal óptica del sensor óptico (830) en un voltaje de detección óptico que es una señal eléctrica; y
 60 un cuarto comparador (846) que se configura para comparar el voltaje de salida del conversor de señal eléctrica (842) con el cuarto voltaje de referencia predeterminado.
- 65 9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque, cuando el voltaje de detección óptico del sensor óptico (830) es el cuarto voltaje predeterminado o más, y el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas (850) determina que la falla ha ocurrido y genera una señal de disparo.

10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque, cuando el voltaje de detección óptico del sensor óptico (830) es el cuarto voltaje predeterminado o más, el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de primer orden del voltaje de detección de corriente es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas (850) determina que se ha producido la falla y genera una señal de disparo.
- 5
11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque, cuando el voltaje de detección óptico del sensor óptico (830) es el cuarto voltaje predeterminado o más, el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de segundo orden del voltaje de detección de corriente es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la unidad de determinación de fallas (850) determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo.
- 10
12. Un método para determinar rápidamente una falla en un sistema de potencia eléctrica, que protege el sistema de potencia eléctrica mediante la detección de la corriente suministrada al sistema de potencia eléctrica, el método que comprende:
 recibir un voltaje de detección de corriente que se introduce con base en la corriente suministrada al sistema de potencia eléctrica;
 generar un voltaje diferencial de primer orden al realizar una diferenciación del voltaje de detección de corriente;
 comparar respectivamente el voltaje de detección de corriente y el voltaje diferencial de primer orden con el primer y el segundo voltaje de referencia predeterminados; y
 determinar si ocurre una falla con base en el resultado comparado de la etapa (c), y generar una señal de disparo cuando se determina que la falla ha ocurrido, el método caracterizado porque:
 la etapa (b) comprende generar un voltaje diferencial de segundo orden al realizar una diferenciación del voltaje diferencial de primer orden, y
 la etapa (c) comprende comparar el voltaje diferencial de segundo orden con el tercer voltaje de referencia predeterminado.
- 15
- 20
- 25
13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado por, recibir una señal óptica de un sensor óptico (830) que se proporciona a una porción en la que se genera luz en caso de una falla de arco, y generar un voltaje de detección óptico a partir de la señal óptica, comparar el voltaje de detección óptico con un cuarto voltaje de referencia predeterminado, y determinar si se produce un fallo con base en el resultado comparado.
- 30
14. El método de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, caracterizado porque, cuando el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de primer orden es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, o cuando el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de segundo orden es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la etapa (d) determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo.
- 35
15. El método de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque, cuando el voltaje de detección óptico es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de primer orden es el segundo voltaje de referencia predeterminado o más, la etapa (d) determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo.
- 40
16. El método de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque, cuando el voltaje de detección óptico es el cuarto voltaje de referencia predeterminado o más, el voltaje de detección de corriente es el primer voltaje de referencia predeterminado o más, y el voltaje diferencial de segundo orden es el tercer voltaje de referencia predeterminado o más, la etapa (d) determina que ha ocurrido la falla y genera una señal de disparo.
- 45

Figura 1

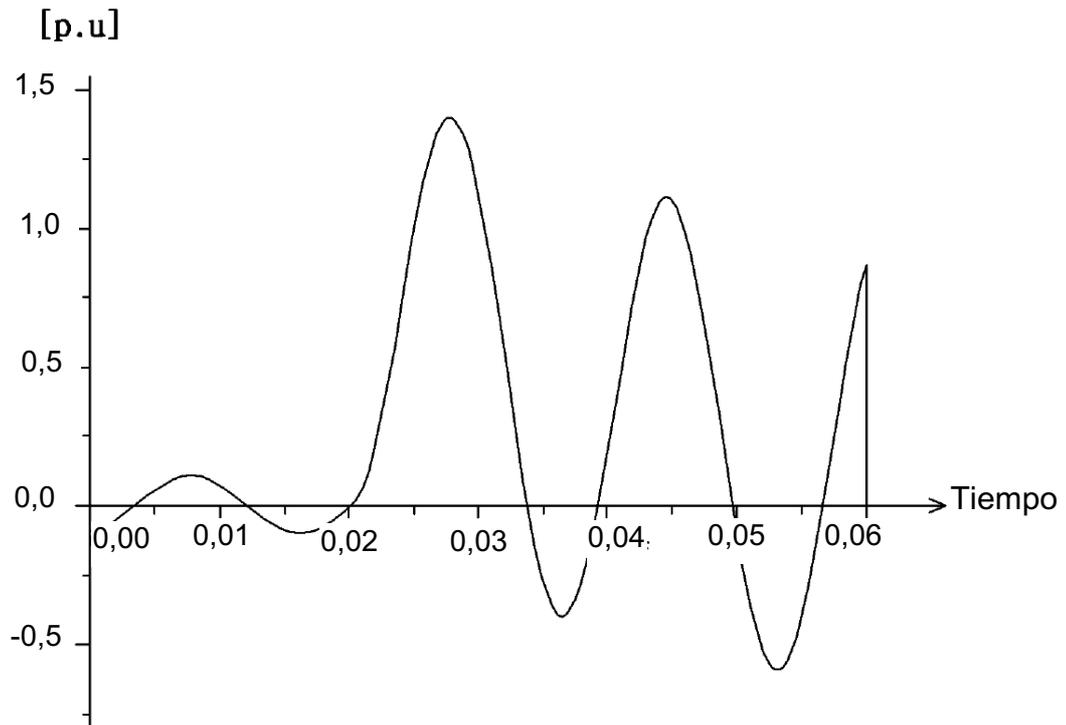


Figura 2

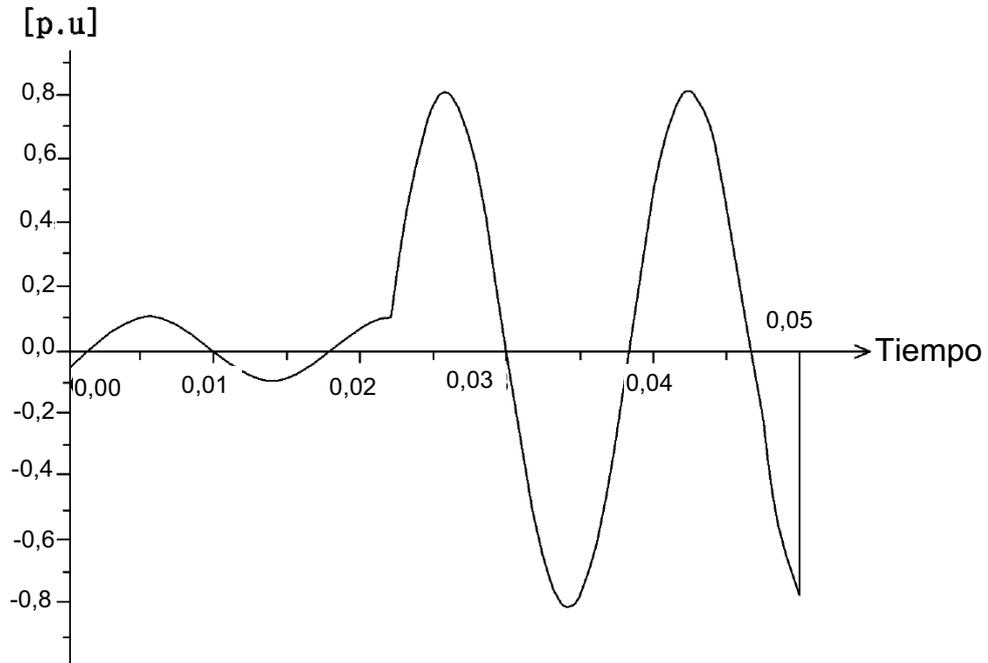


Figura 3

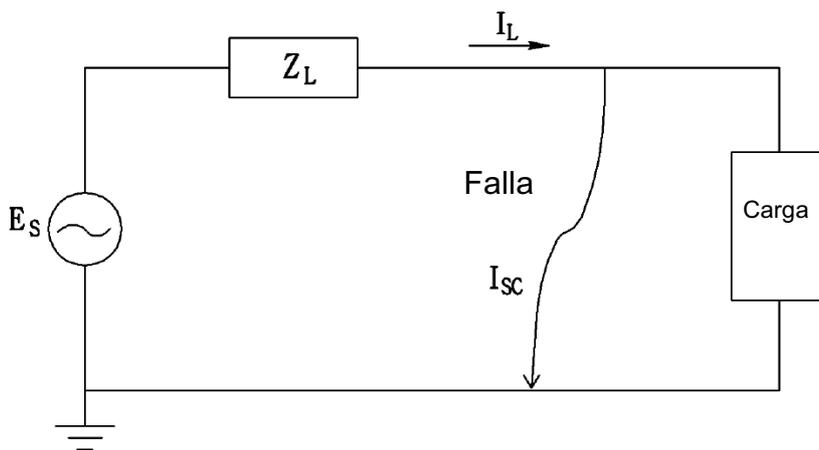


Figura 4

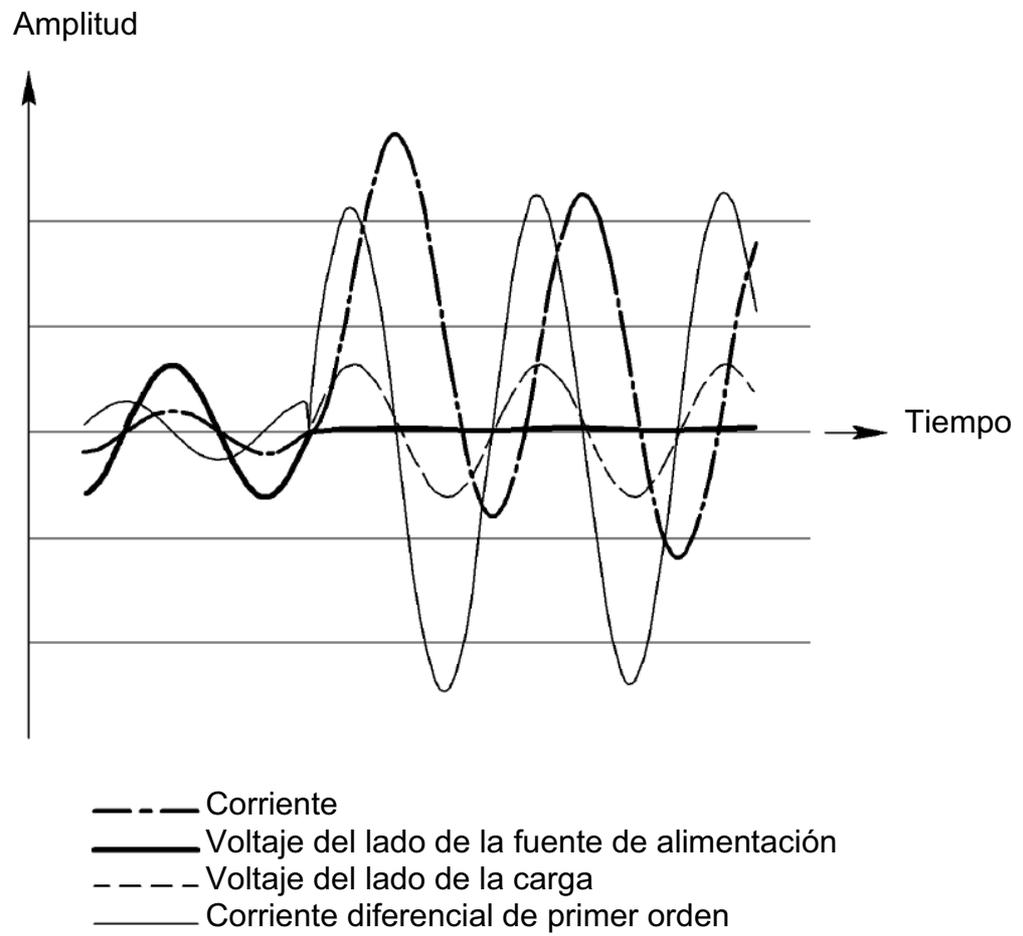


Figura 5

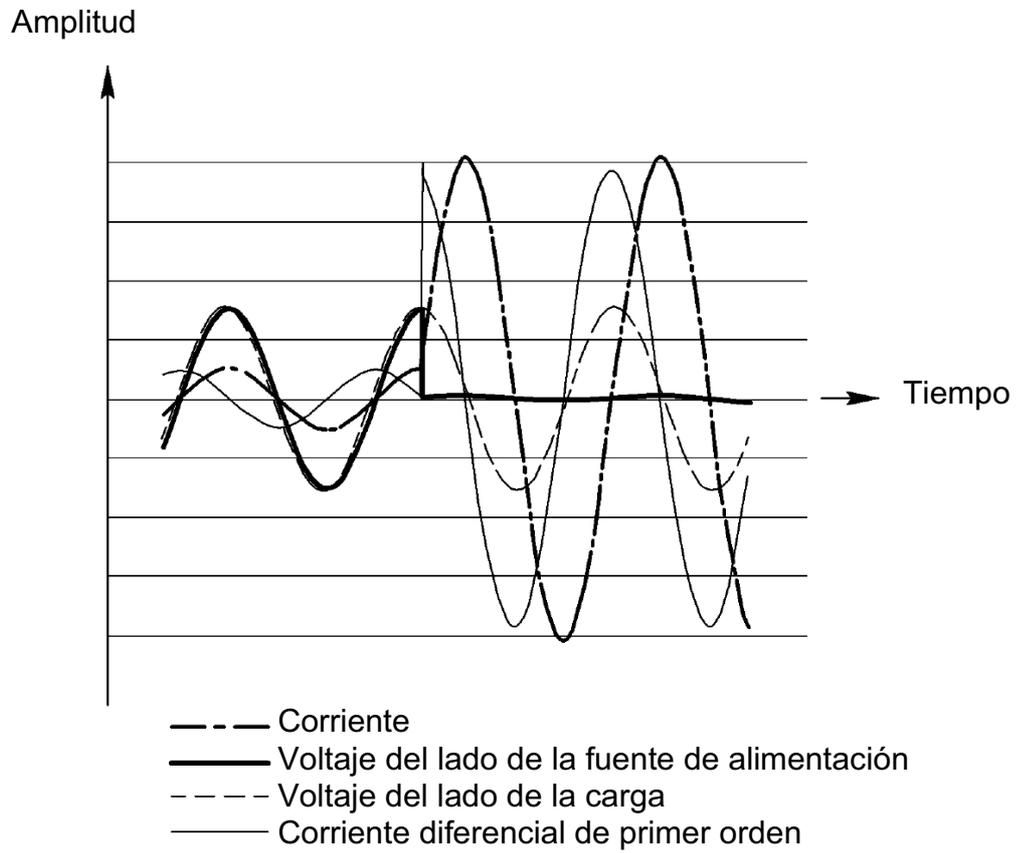


Figura 6

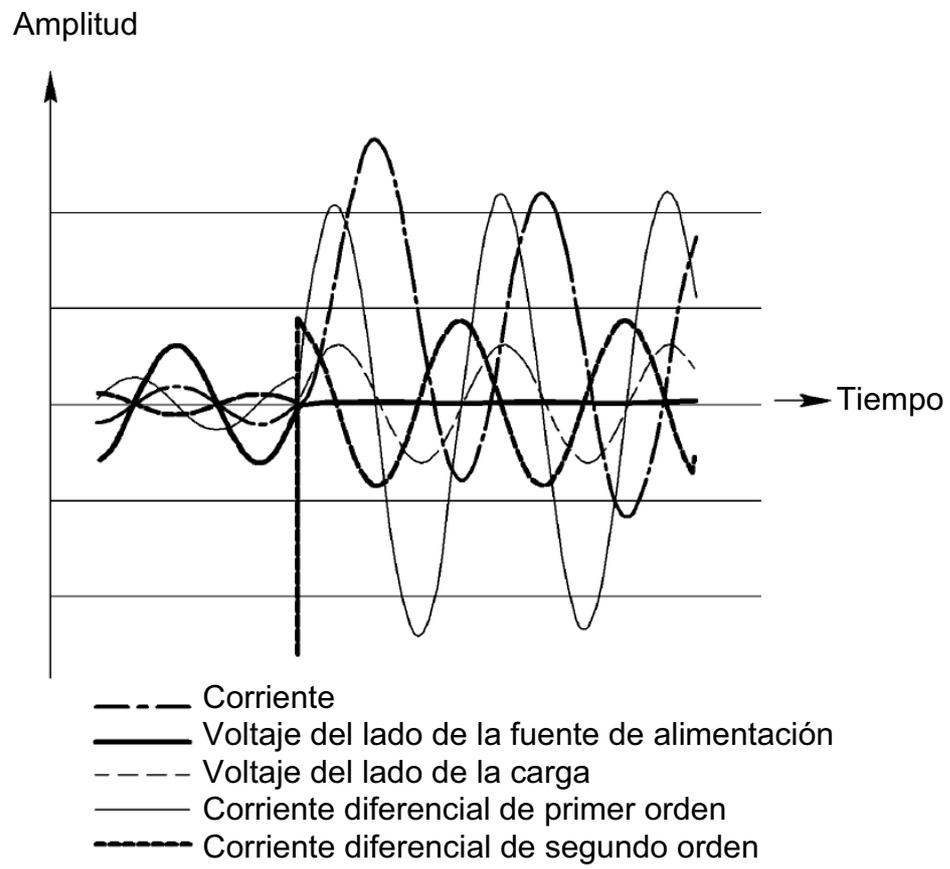


Figura 7

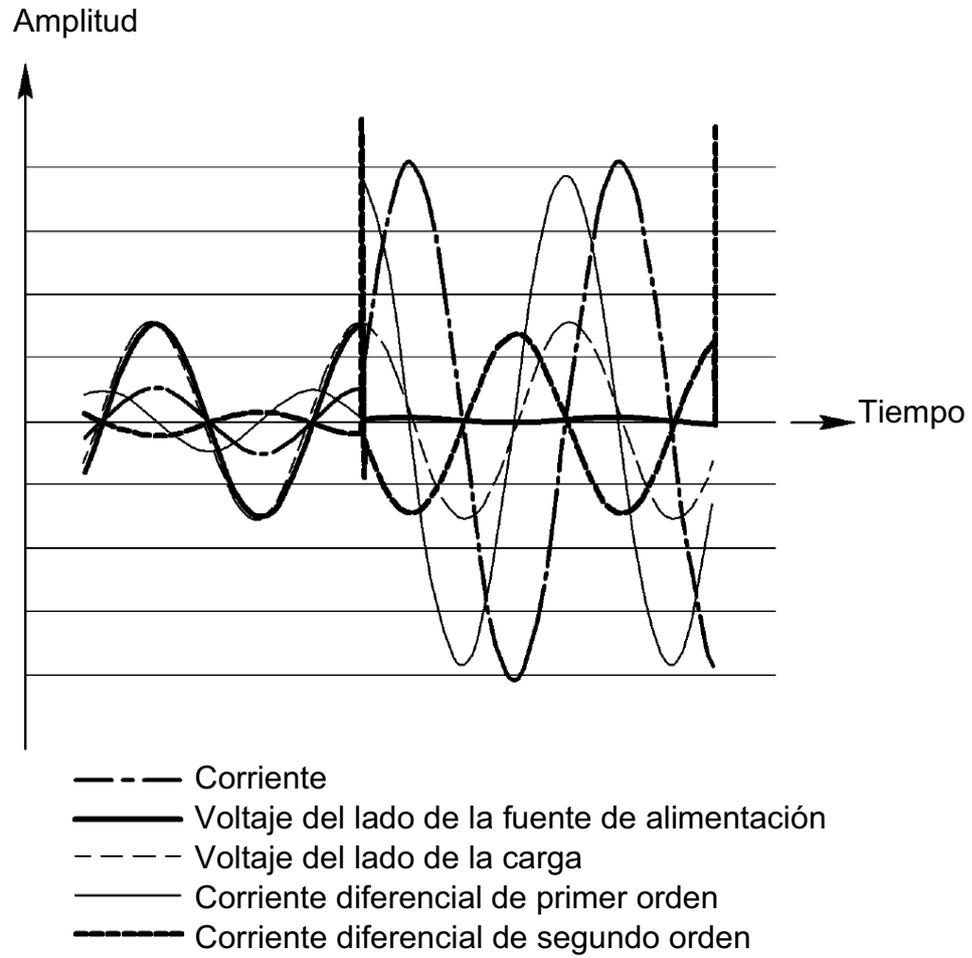


Figura 8

