(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 308 913**

(21) Número de solicitud: 200700392

(51) Int. Cl.:

G01R 31/08 (2006.01)
H02H 3/08 (2006.01)
H02H 3/38 (2006.01)
H02H 7/26 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación: **14.02.2007**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2008**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **01.12.2008**

(71) Solicitante/s: **Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea**
Barrio de Sarriena, s/n
48940 Leioa, Vizcaya, ES

(72) Inventor/es: **Uriondo Arrue, Felipe y**
Hernández González, José Ramón

(74) Agente: **Urízar Barandiarán, Miguel Ángel**

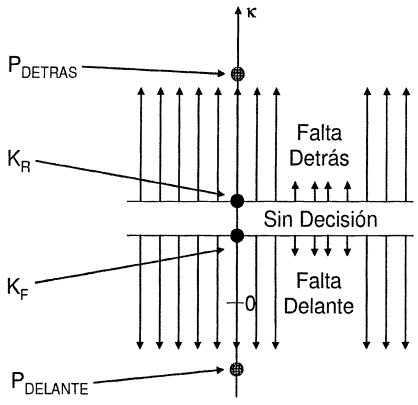
(54) Título: **Protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta.**

(57) Resumen:
Protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta, que emplea la potencia de secuencia directa. Para ello calcula un valor escalar a partir de la tensión de prefalta (V_1^P), la variación de tensión respecto a la prefalta (ΔV_1), la variación de la intensidad respecto a la prefalta (ΔI_1), la impedancia de secuencia directa de la línea (Z_{L1}), el máximo desfase entre tensiones sanas en ambos extremos de línea (θ) y los valores ajustados por el usuario (γ, δ) que se compara con dos referencias prefijadas (K_F, K_R), también fijadas por el usuario, para determinar la dirección de la falta.
El valor escalar se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\kappa = \mathrm{Re}\left\{\frac{\gamma\cdot\Delta V_1\cdot\Delta I_1^{*} - \delta\cdot V_1^{P}\cdot\Delta I_1^{*}\cdot e^{j\cdot\theta}}{\gamma\cdot Z_{L1}\cdot\left|\Delta I_1\right|^2}\right\}$$

La regla de decisión para determinar la dirección de la falta es:
• Si $\kappa < K_F$ la falta se ha producido hacia delante.
• Si $\kappa > K_R$ la falta se ha producido hacia atrás.

Fig. 7



ES 2 308 913 A1

DESCRIPCIÓN

Protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta.

Sector de la técnica

Área:	Ingeniería Eléctrica
Disciplina:	Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia
Sector de Actividad:	Unidad direccional para ser empleada en equipos de protección del sistema eléctrico de potencia

Para un equipo de protección responsable de actuar ante los cortocircuitos que se producen en una determinada línea eléctrica es imprescindible determinar, cuando se produce un cortocircuito, si éste ha tenido lugar en la dirección de la línea que está cubriendo (falta hacia delante) o en la dirección contraria en una línea contigua (falta detrás).

La unidad que determina la dirección en la que se ha producido la falta se denomina comúnmente unidad direccional y tiene un papel primordial en la calidad del equipo de protección en el que se integra.

Estado de la técnica

Las unidades direccionales existentes basan su funcionamiento en la descomposición de las tensiones e intensidades que aparecen en un cortocircuito en tensiones e intensidades de tres redes de secuencia denominadas secuencia directa, inversa y homopolar respectivamente.

Las unidades direccionales se clasifican en función de las secuencias que emplean para determinar cuál es la dirección en la que se ha producido la falta y existen así direccionales de secuencia homopolar, direccionales de secuencia inversa y direccionales de secuencia directa.

Las unidades de secuencia homopolar se emplean para determinar la dirección en la que se producen las faltas monofásicas y bifásicas a tierra mientras que las unidades de secuencia inversa se emplean tanto para faltas monofásicas como bifásicas. Por último, para determinar la dirección en la que se producen las faltas trifásicas se emplea el direccional de secuencia directa.

La unidad que nos ocupa es una unidad de secuencia directa que mejora la unidad de secuencia directa tradicional empleada para determinar la dirección en la que se producen las faltas trifásicas mejorando su comportamiento ante faltas trifásicas y haciendo que sea válida no sólo para faltas trifásicas, sino para todo tipo de falta.

La técnica tradicional empleada en el direccional de secuencia directa se basa en el cálculo de la siguiente expresión:

$$\chi = -\mathrm{Re}\left\{V_1^P \cdot I_1^* \cdot 1\angle -\theta_{L1}\right\}$$

Donde:

- V_1^P es la tensión de secuencia directa donde está instalada la unidad antes de producirse el cortocircuito.
- I_1^* es la intensidad de falta de secuencia directa conjugada donde está instalada la unidad.
- θ_{L1} es el ángulo de la impedancia directa de la línea.

La regla de decisión para determinar la dirección de la falta es:

- Si $\chi>0$ la falta se ha producido en la dirección hacia delante.
- Si $\chi<0$ la falta se ha producido en la dirección hacia atrás.

La nueva unidad que se presenta se apoya en una técnica inédita de los autores de la invención que demuestra que la secuencia directa puede ser descompuesta en cuatro términos dos de los cuáles tienen siempre direcciones contrarias -uno de los términos va de la falta a la unidad y otro de la unidad a la falta- y que, por lo tanto, es mucho más conveniente dividir la potencia de secuencia directa y considerar esos dos términos por separado.

Además de la nueva técnica sobre las potencias puestas en juego en el cortocircuito, la unidad que se presenta emplea la nueva polarización por potencia cuya originalidad y propiedad aparece en la solicitud de patente P200602716, presentada asimismo por los inventores. Por último, este direccional se puede combinar con el mostrado en la citada

solicitud P200602716 para dar lugar a un único direccional generalizado que abarca todos los tipos de falta con un único comparador empleando el máximo de información que se puede obtener en un cortocircuito.

En posteriores apartados se mostrara que el direccional de secuencia directa que se viene empleando adolece de un problema importante que el nuevo direccional que se presenta no padece.

La documentación más importante para conocer al detalle cuál es el estado del arte es la que citamos a continuación:

(1) U.S. Patent No. 5,808,845 - System for preventing sympathetic tripping in a Power System.

(2) EP 0 769 836 A2 - A Directional Element.

(3) U.S. Patent No. 5,349,490 - Negative sequence directional element for a relay useful in protecting power transmission lines.

(4) U.S. Patent No. 5,365,396 - Negative sequence directional element for a relay useful in protecting power transmission lines.

(5) CA 2 108 443 - Negative Sequence Directional Element For a Relay Useful In Protecting Power Transmission

(6) G.E. **Alexander**, Joe **Mooney** and William **Tyska**, Joe, "Advanced Application Guidelines for Ground Fault Protection", *28th Annual Western Protective Relay Conference*, Spokane, WA, October 2002.

(7) Jeff **Roberts**, Demetrious **Tziouvaras**, Gabriel **Benmouyal** *et al*, "The effect of Multiprinciple Line Protection on Dependability and Security", *Schweitzer Engineering Laboratories Technical Papers*, Pullman, WA 2001.

(8) Bogdan **Kasztenny**, Dave **Sharples**, Bruce **Campbell** and Marzio **Pozzuoli**, "Fast Ground Directional Overcurrent Protection - Limitations and Solutions", *27th Annual Western Protective Relay Conference*, Spokane, WA, October 2000.

(9) Elmo **Price**, "Sequence Coordination Study AN-55L-00", *Substation Automation and Protection Division, ABB Application Note*, March 2000.

(10) G. **Benmouyal** and J. **Roberts**, "Superimposed Quantities: Their True Nature and Their Application in Relays", *26th Annual Western Protective Relay Conference*, Spokane, WA, October 1999.

(11) J.L. **Blackburn**, "Protective Relaying: Principles and Application", Second Edition, *Marcel Dekker Inc*. New York, 1998.

(12) Bill **Fleming**, "Negative Sequence Impedance Directional Element", *Schweitzer Engineering Laboratories Technical Papers*, Pullman, WA 1998.

(13) Joe **Mooney** and Jackie **Peer**, "Application Guidelines for Ground Fault Protection", *24th Annual Western Protective Relay Conference*, Spokane, WA, October 1997.

(14) Jeff **Roberts** and Edmund O. **Schweitzer** III, "Limits to the Sensitivity of Ground Directional and Distance Protection", 1997 *Spring Meeting of the Pennsylvania Electric Association Relay Committee*, Allentown, Pennsylvania, May 1997.

(15) Armando **Guzman**, Jeff **Roberts** and Daquing **Hou**, "New Ground Directional Elements Operate Reliably For Changing System Conditions", 51st Annual Georgia Tech Protective Relaying Conference, Atlanta, Georgia, April 1997.

(16) P.M. **Anderson**, "Analysis of Faulted Power Systems", *IEEE-Press - Power Engineering Series*, 1995.

(17) P.G. **McLaren**, G.W. **Swift** *et al*, "A New Directional Element for Numerical Distance Relays", *IEEE-PES Summer Meeting*, San Francisco, CA, July 28, 1994, Paper No. 94 SM 429-1 PWRD.

(18) Jeff **Roberts** and Armando **Guzman**, "Directional Element Design and Evaluation"; *21th Annual Western Protective Relay Conference*, Spokane, WA, October 1994.

(19) Karl **Zimmerman** and Joe **Mooney**, "Comparing Ground Directional Element Performance Using Field Data", *20th Annual Western Protective Relay Conference*, Spokane, WA, October 1993.

(20) G.E. **Alexander** and J.G. **Andrichak**, "Ground Distance Relaying: Problems and Principles", *19th Annual Western Protective Relay Conference*, Spokane, WA, October 1991.

(21) IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines. IEEE standard, January 2000.

Descripción de la invención

Preámbulo

La invención que se presenta es una nueva unidad direccional de secuencia directa que mejora notablemente la respuesta de la unidad de secuencia directa tradicional al descomponer la potencia en sumandos que son tratados separadamente extrayendo el máximo de información posible de las magnitudes de secuencia directa.

Explicación de la invención

Consiste en una unidad direccional para ser empleada en un Sistema Eléctrico de Potencia que, cuando se produce un cortocircuito, emplea la potencia de secuencia directa que circula por el punto en el que está situada la unidad y la consumida por la línea para determinar la dirección en que se encuentra el cortocircuito. Para ello calcula un valor escalar a partir de la tensión de prefalta (V_1^P), la variación de tensión respecto a la prefalta (ΔV_1), la variación de la intensidad respecto a la prefalta (ΔI_1), la impedancia de secuencia directa de la línea (Z_{L1}), el máximo desfase entre tensiones sanas en ambos extremos de línea (θ) y los valores ajustados por el usuario (γ, δ) que se compara con dos referencias prefijadas (K_F, K_R), también fijadas por el usuario, para determinar la dirección de la falta.

El valor escalar se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\kappa = \mathrm{Re}\left\{\frac{\gamma\cdot\Delta V_1\cdot\Delta I_1^* - \delta\cdot V_1^P\cdot\Delta I_1^*\cdot e^{j\cdot\theta}}{\gamma\cdot Z_{L1}\cdot\left|\Delta I_1\right|^2}\right\}$$

La regla de decisión para determinar la dirección de la falta es:

- Si $x<K_F$ la falta se ha producido en la dirección hacia delante.
- Si $x> K_R$ la falta se ha producido en la dirección hacia atrás.

El presente invento preconiza una protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta, que se caracteriza porque consta de una unidad direccional que recibe las magnitudes de la línea eléctrica de tensión de secuencia directa (V_1), tensión de secuencia directa existente antes de producirse la falta (V_1^P), intensidad de secuencia directa (I_1), intensidad de secuencia directa existente antes de producirse la falta (I_1^P), constando la unidad direccional de:

a) un módulo calculador de potencias que consta de medios para

a_1) calcular la potencia de secuencia directa suministrada por la fuente al cortocircuito (S_{FI}) que circula por el punto en el que está instalado el sistema, de acuerdo con la expresión:

$$S_{F1} = V_1^P\cdot\Delta I_1^*$$

siendo ΔI_1^* la conjugada del incremento de la intensidad de secuencia directa ($\Delta I_1 = I_1 - I_1^P$);

a_2) calcular la potencia de secuencia directa consumida por la totalidad de la línea (S_{L1}) debido a la falta, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$S_{L1} = Z_{L1}\cdot\left|\Delta I_1\right|^2$$

siendo Z_{L1} la impedancia de la línea eléctrica de secuencia directa;

a_3) calcular la potencia de secuencia directa (S_1) que circula por el punto en el que está instalado el sistema, de acuerdo con la expresión:

$$S_1 = \Delta V_1\cdot\Delta I_1^*$$

siendo ΔV_1^* la conjugada del incremento de la tensión de secuencia directa ($\Delta V_1 = V_1 - V_1^P$);

b) un módulo de decisión que consta de medios para:

b_1) determinar una señal de polarización que responde a la expresión:

$$S_{POLARIZACIÓN} = \gamma \cdot Z_{L1} \cdot \left|\Delta I_1\right|^2 = \gamma \cdot S_{L1}$$

donde S_{L1} es la potencia de secuencia directa de la línea y γ es el porcentaje de esa potencia que deseamos incluir en la unidad.

b_2) determinar una señal de operación que responde a la expresión:

$$S_{OP} = \gamma \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - \delta \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* \cdot e^{j\theta} - \kappa \cdot S_{POL} = S - \kappa \cdot S_{POL}$$

donde $S_1 = \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^*$ y $S_{F1} = V_1{}^P \cdot \Delta I_1^*$ son las potencias de secuencia directa suministradas y consumidas por el cortocircuito respectivamente y K es el valor frontera elegido por el usuario, siendo $K=K_F$ para faltas delante y $K=K_R$ el valor frontera para faltas detrás;

b_3) determinar la parte real (Re) del producto de la señal de operación por el conjugado de la señal de polarización, de acuerdo con la expresión:

$$\mathrm{Re}\left(S_{OPERACION} \cdot S^*_{POLARIZACION}\right)$$

b_4) decidir que el sentido de la falta se ha producido "delante" del sistema cuando la parte real (Re) es negativo y "detrás" cuando la parte real es positiva, lo que formalmente se expresa:

$$\mathrm{Re}\left(\left(\gamma \cdot S_1 - \delta \cdot S_{1F} - \kappa \cdot \left(\gamma \cdot S_{L1}\right)\right) \cdot \left(\gamma \cdot S_{L1}\right)^*\right) \begin{cases} < 0 \rightarrow \text{Falta delante} \\ > 0 \rightarrow \text{Falta detrás} \end{cases}$$

También se caracteriza porque deducida de $\mathrm{Re}\{S_{OP} \cdot S^*_{POL}\} \leq 0$ la expresión

$$\kappa = \mathrm{Re}\left\{\frac{\gamma \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - \delta \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* \cdot e^{j \cdot \theta}}{\gamma \cdot Z_{L1} \cdot \left|\Delta I_1\right|^2}\right\}$$

y fijados la κ como valor frontera K_F para faltas delante y el valor frontera K_R para faltas detrás, dispone el módulo de decisión de medios direccionales para decidir que si:

$\kappa \leq K_F$ la falta se ha producido en sentido hacia delante

$\kappa \geq K_R$ la falta se ha producido en sentido hacia detrás

activándose su correspondiente salida.

También se caracteriza porque el sistema consta de circuitos contadores, uno que cuenta las muestras durante las que se mantiene la salida "hacia delante" activada y otro que cuenta las muestras durante las que se mantiene la salida "hacia detrás" activada, activándose la salida de los circuitos contadores cuando el número de muestras acumulado es tal que el tiempo durante el cuál se ha mantenido la respuesta es superior al correspondiente a una temporización (valor umbral) predeterminada.

También se caracteriza porque consta de un circuito contador que, durante un tiempo prefijado, bloquea la activación de la salida en sentido "delante" para no permitir que cambios de flujo debidos a actuaciones de unos interruptores asociados del sistema den lugar a actuaciones indebidas de la unidad.

También se caracteriza porque consta de un módulo de adaptación de señal que consta de:

a) un circuito de memoria que almacena los valores de tensión e intensidad presentes en el momento anterior a producirse el cortocircuito.

b) dos restadores que calculan la variación de tensión e intensidad entre la situación de prefalta y falta.

También se caracteriza porque el arranque de la unidad no se produce si la variación de intensidad de secuencia directa no supera un umbral prefijado por el usuario.

Esta unidad tiene las siguientes características mejoradas frente a la unidad de secuencia directa tradicional:

- Ninguna de las magnitudes que intervienen en la expresión incluye la intensidad de carga que introduce un sesgo o error en la medida de la direccionalidad.
- Se emplean tanto las tensiones como las intensidades de falta y prefalta con lo que la información que se utiliza es la máxima que se puede obtener en un cortocircuito de la secuencia directa.
- El nivel de señal que se obtiene es muy superior al de la unidad direccional de secuencia directa tradicional.
- Se puede emplear para todo tipo de faltas, tanto monofásicas, como bifásicas (puras y a tierra) como a trifásicas.
- Es compatible con las unidades de secuencia homopolar e inversa pudiendo sumarse efectos para obtener una única unidad direccional generalizada.

Breve descripción del contenido de las figuras

En la Figura 1 se muestra una línea eléctrica de un sistema eléctrico de potencia. La línea eléctrica está situada entre las subestaciones “A” y “B”. En esta figura se presenta la situación de funcionamiento normal de la línea, con carga circulando de un extremo al otro. El sentido de circulación de la potencia de uno a otro extremo viene fijado por los extremos de las flechas. En este ejemplo hemos supuesto que la carga, tal y como se aprecia en la figura, circula de “A” hacia “B”.

En la Figura 2 se presenta la situación que se produce cuando la falta tiene lugar delante de la protección. En la figura se aprecia que la componente $3\cdot\Delta V_1\cdot\Delta I_1^*$ circula desde la falta hacia las fuentes mientras que la componente $3\cdot V_1^P\cdot\Delta I_1^*$ circula desde las fuentes hacia el cortocircuito.

En la Figura 3 se presenta la situación que se produce cuando la falta se encuentra detrás de la protección. En la figura se aprecia que las componentes de secuencia directa siguen circulando igual que en el caso anterior: $3\cdot\Delta V_1\cdot\Delta I_1^*$ circula desde el cortocircuito hacia las fuentes mientras que $3\cdot\Delta V_1^P\cdot\Delta I_1^*$ circula desde las fuentes hacia el cortocircuito. Como la situación de la falta respecto a la unidad ha cambiado, los dos sumandos cambian de sentido cuando son medidos desde el punto donde está sita la unidad.

En la Figura 4 se muestran las etapas en las que se divide la actuación del equipo de protección y las relaciones con los transformadores de medida y el interruptor de las figuras 1, 2 y 3.

En la Figura 5 se muestran las señales de polarización y operación del comparador polarizado por potencia de secuencia directa en el que se basa el funcionamiento de la unidad cuando la falta se produce “detrás” de la protección:

$$\mathrm{Re}(S_{OP}.S_{POL})^*>0\rightarrow \text{Falta detrás}$$

En la Figura 6 se muestran las señales de polarización y operación del comparador polarizado por potencia de secuencia directa en el que se basa el funcionamiento de la unidad cuando la falta se produce “delante” de la protección:

$$\mathrm{Re}(S_{OP}.S_{POL})^*<0\rightarrow \text{Falta delante}$$

En la Figura 7 aparecen las tres zonas en las que se divide la respuesta de la unidad en función del valor de κ, siendo κ la salida del comparador de secuencia directa:

$$\kappa = \mathrm{Re}\left\{ \frac{\gamma \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - \delta \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* \cdot}{\gamma \cdot Z_{L1} \cdot \left| \Delta I_1 \right|^2} \right\}$$

En la Figura 8 se muestra la unidad, esto es, la implementación de la misma. Se incluye por claridad el circuito de memoria aunque es una unidad independiente que se emplea en varias aplicaciones. Asimismo se incluye el circuito que confirma que la salida es adecuada mediante la comprobación de que se mantiene durante un determinado número de muestras.

En la Figura 9 se presentan las redes de secuencia directa, inversa y homopolar conectadas de modo que reflejen las relaciones existentes entre tensiones e intensidades de las distintas secuencias cuando se produce una falta franca -esto es, con resistencia de falta nula- en la fase R a tierra para una falta "delante" de la protección a una determinada distancia "p" (en tanto por uno) de la subestación A.

En la Figura 10 se presentan las redes de secuencia directa, inversa y homopolar conectadas de modo que reflejen las relaciones existentes entre tensiones e intensidades de las distintas secuencias cuando se produce una falta franca -esto es, con resistencia de falta nula- en la fase R a tierra para una falta en un punto inmediatamente anterior al de ubicación de la protección.

Descripción detallada de la invención

En la Figura 1 se muestran dos protecciones de línea (9) y (10) que, a través de los transformadores de medida de intensidad (5) y (6) y de los transformadores de medida de tensión (7) y (8), que reducen las tensiones e intensidades a valores de baja tensión normalizados, monitorizan las tensiones e intensidades de la línea situada entre las subestaciones A y B.

En la Figura 4 se muestra la forma en que operan las protecciones de ambos extremos a partir de las tensiones e intensidades reducidas a valores normalizados por los transformadores de medida. Estas tensiones e intensidades se filtran analógicamente eliminando las componentes de alta frecuencia. Las tensiones e intensidades filtradas se muestrean y, a partir de estos valores, se obtienen los fasores de tensión e intensidad que son empleados por las distintas unidades de protección que, mediante la lógica apropiada, activan las salidas de la protección que abren o cierran los interruptores de línea.

Retomando a la Figura 1, en condiciones de funcionamiento normal los interruptores que se encuentran en ambos extremos de línea (3) y (4) se encuentran cerrados y la potencia que transporta la línea va desde una fuente (1) a la otra (2) a través de ella. La potencia activa y reactiva transportadas por la línea pueden calcularse en cada extremo mediante las expresiones que aparecen en la figura 1 correspondiente a la situación normal.

Cuando se produce un cortocircuito -Figuras 2 y 3- las protecciones de ambos extremos (9) y (10) lo detectan y dan orden de apertura a los interruptores (3) y (4) aislando el cortocircuito. En una red normal la energía tiene caminos alternativos que permiten que la energía siga circulando de A hacia B, con lo que la continuidad de servicio queda garantizada.

En general, la potencia aparente compleja que circula por un punto de una línea trifásica puede calcularse a partir de las tensiones e intensidades de las tres fases (R, S y T) mediante la expresión:

$$S_{TOTAL} = V_R \cdot I_R^* + V_S \cdot I_S^* + V_T \cdot I_T^*$$

La nueva teoría sobre las potencias puestas en juego en un cortocircuito en una línea trifásica demuestra que, cuando se produce un cortocircuito, la potencia se puede expresar en función de las tensiones e intensidades de tres circuitos denominados red de secuencia directa, red de secuencia inversa y red de secuencia homopolar mediante la expresión:

$$S_{TOTAL} = 3 \cdot \left(V_1^P \cdot I_1^{P^*} + \Delta V_1 \cdot I_1^{P^*} + V_1^P \cdot \Delta I_1^* + \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* + V_2 \cdot I_2^* + V_0 \cdot I_0^* \right)$$

Donde el significado de las variables, todas ellas referidas al punto donde está la unidad, es el siguiente:

- V_1^P: tensión de secuencia directa antes de producirse el cortocircuito.
- $I_1^{P^*}$: intensidad de secuencia directa conjugada antes de producirse el cortocircuito.
- ΔV_1: variación de la tensión de secuencia directa debida al cortocircuito.

- ΔI_1^*: variación de la intensidad de secuencia directa conjugada debida al cortocircuito.
- V_2: tensión de secuencia inversa durante el cortocircuito.
- I_2^*: intensidad de secuencia inversa conjugada.
- V_0: tensión de secuencia inversa durante el cortocircuito.
- I_0^*: intensidad de secuencia inversa conjugada.

Y el significado fisico de los términos, en conformidad a la nueva teoría, es el siguiente:

- $V_1^P \cdot I_1^{P^*}$: flujo de carga en el instante anterior a producirse el cortocircuito.
- $\Delta V_1 \cdot I_1^{P^*}$: variación en el flujo de carga debida al cortocircuito.
- $V_1^P \cdot \Delta I_1^*$: potencia suministrada por la fuente al cortocircuito.
- $\Delta V_1 \cdot \Delta I_1^*$: potencia de secuencia directa devuelta por el cortocircuito.
- $V_2 \cdot I_2^*$: potencia de secuencia inversa devuelta por el cortocircuito (S2).
- $V_0 \cdot I_0^*$: potencia de secuencia homopolar devuelta por el cortocircuito (S0).

La aplicación de estas expresiones en cada extremo de la línea en situación de falta da lugar a las situaciones descritas en la Figura 2 para “Faltas Delante” y la Figura 3 para “Falta Detrás”. Si comparamos ambas situaciones vemos que para la protección sita en el extremo B no se aprecia ninguna diferencia ya que todos los términos en los que podemos descomponer la potencia mantienen su dirección.

En la unidad que nos ocupa sólo se han empleado la potencia simétrica y no los términos de potencia de secuencia homopolar e inversa por lo que los términos a tener en cuenta son los siguientes:

$$S_{SIMÉTRICA} = 3 \cdot \left(V_1^P \cdot I_1^{P^*} + \Delta V_1 \cdot I_1^{P^*} + V_1^P \cdot \Delta I_1^* + \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* \right)$$

Ahora bien, los términos asociados a la corriente que circula por la línea antes de producirse el cortocircuito (I_1^P) dependen del flujo de carga existente en el instante en que se produce la falta y no están en absoluto ligados al punto donde se produce el cortocircuito por lo que no pueden ser empleados. Debido a ello sólo podemos emplear:

$$S_{SIMÉTRICA-FALTA} = 3 \cdot \left(V_1^P \cdot \Delta I_1^* + \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* \right)$$

Analizando las Figura 2 y 3 se aprecia que el primer sumando se dirige desde la fuente hacia el cortocircuito y que el segundo tiene justo la dirección opuesta, esto es, va desde el cortocircuito hacia la fuente. Ambos términos son nulos cuando la línea se encuentra en funcionamiento normal por lo que podemos definir una señal para determinar la dirección de cortocircuito de la siguiente manera:

$$S_{DIRECCION} = 3 \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - 3 \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* = 3 \cdot S_1 - 3 \cdot S_{F1}$$

Donde el signo negativo tiene en cuenta el hecho de que las dos componentes tienen sentidos opuestos.

Por otro lado, analizando las figuras 2 y 3 se aprecia que la potencia devuelta por el cortocircuito que circula a través de la protección sólo recorre la línea cuando la falta se produce “detrás” de la unidad ya que cuando la falta se produce delante la potencia devuelta por el cortocircuito que circula a través de la unidad es la consumida por la fuente y no por la línea. Teniendo esto en cuenta podemos tomar la potencia consumida por la línea cuando la falta se produce detrás como referencia para determinar la dirección en la que se ha producido el cortocircuito:

$$S_{REFERENCIA} = 3 \cdot Z_{L1} \cdot \left| \Delta I_1 \right|^2 = 3 \cdot S_{L1}$$

Heurísticamente podemos decir que las señales de referencia y dirección coincidirán cuando la falta se produce detrás y serán opuestas cuando la falta se produce delante. La aplicación de este criterio se materializa a través de un comparador cuya señal de polarización (referencia) es:

$$S_{POL} = \gamma \cdot Z_{L1} \cdot \left|\Delta I_1\right|^2 = \gamma \cdot S_{L1}$$

Y cuya señal de operación (actuación) es:

$$S_{OP} = \gamma \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - \delta \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* \cdot e^{j\theta} - \kappa \cdot S_{POL} = S - \kappa \cdot S_{POL}$$

Los valores "γ" y "δ" representan los porcentajes de la potencia puesta en juego por el cortocircuito y por la fuente respectivamente que deseamos emplear en el comparador. La representación gráfica de ambas señales se presenta genéricamente en la Figura 5 para las dos situaciones de interés. Cuando la falta se produce "detrás" -Figura 5- ambas señales están aproximadamente en fase y cuando la falta se produce "delante" -Figura 6- ambas están en contrafase. Debido a esto el coseno del ángulo que forman ambas señales será positivo cuando la falta se produce "detrás" y negativo cuando la falta se produce "delante", tal y como se muestra en las Figuras 5 y 6.

El criterio de actuación será, por tanto, el de un comparador coseno que responde a la siguiente ecuación:

$$\left.\begin{array}{l} < 0 \rightarrow \text{Falta delante} \\ > 0 \rightarrow \text{Falta detrás} \end{array}\right| \quad \text{Re}\left(S_{OP} \cdot S_{POL}^*\right)$$

Para determinar la frontera para la cuál el comparador deja de dar una salida positiva y pasa a dar una salida negativa debemos de imponer la condición de que la salida del comparador sea nula. En ese punto se cumple que:

$$\text{Re}\left(S_{OP} \cdot S_{POL}^*\right) = 0 \rightarrow \text{Re}\left(\left(S - \kappa \cdot S_{POL}\right) S_{POL}^*\right) = \text{Re}\left(S \cdot S_{POL}^*\right) - \kappa \cdot \left|S_{POL}\right|^2 = 0 \rightarrow \text{Re}\left(S \cdot S_{POL}^*\right) = \kappa \cdot \left|S_{POL}\right|^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{Re}\left(\frac{S \cdot S_{POL}^*}{\left|S_{POL}\right|^2}\right) = \kappa \rightarrow \kappa = \text{Re}\left\{\frac{S}{S_{POL}}\right\} = \text{Re}\left\{\frac{\gamma \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - \delta \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* \cdot e^{j\theta}}{\gamma \cdot Z_{L1} \cdot \left|\Delta I_1\right|^2}\right\}$$

Esta última expresión es mucho más adecuada para ser implementada numéricamente por lo que la unidad calculará la expresión:

$$\kappa = \text{Re}\left\{\frac{\gamma \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - \delta \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* \cdot e^{j \cdot \theta}}{\gamma \cdot Z_{L1} \cdot \left|\Delta I_1\right|^2}\right\}$$

Siendo el significado de los términos de la expresión los explicados anteriormente. El valor calculado mediante la expresión se compara con dos valores límite tal y como se muestra en la Figura 7 y se determina la dirección de la falta con la siguiente regla de decisión:

- $\kappa < K_F$: la falta se ha producido en dirección "hacia delante".
- $\kappa > K_R$: la falta se ha producido en la dirección "hacia atrás".
- $K_F < \kappa < K_R$: la unidad no da salida, es la zona "sin decisión".

El ajuste de la unidad se realiza a través de los parámetros Z_{L1}, γ, δ, θ, K_F y K_R de acuerdo a las siguientes reglas básicas:

Z_{L1}: hay que introducir el 100% de la impedancia de secuencia directa de la línea que esta siendo protegida por la unidad.

γ: se puede ajustar entre 1 y 100. Es un porcentaje. Representa el porcentaje de la potencia de secuencia directa devuelta por la falta que deseamos que intervenga en la unidad.

δ: se puede ajustar entre 0 y 100. Es también un porcentaje. Representa el porcentaje de la potencia suministrada por la fuente al cortocircuito que deseamos que intervenga en la unidad.

Θ: es el máximo desfase que puede existir entre las tensiones de los dos extremos de la línea protegida en funcionamiento normal. Se corresponde con el desfase existente entre las tensiones de los dos extremos en situación de carga máxima (ajuste en grados).

K_F y K_R: se pueden ajustar entre el 0 y el 1, siempre cumpliéndose que $K_R > K_F$. El 0'5 es el punto medio, cuanto más cerca del cero, mayor facilidad de que la unidad dé una salida de bloqueo o, lo que es lo mismo, indique falta hacia atrás. Cuanto más cerca del 1 esté, mayor la facilidad de obtener una salida en dirección "delante". Asimismo, cuanto más cerca estén los dos valores menor será la zona de incertidumbre y cuanto más separados estén mayor la probabilidad de que la unidad no dé salida.

Ejemplo de realización de la invención

Para analizar el comportamiento de la unidad partimos de un sistema como el mostrado en la Figura 1 -cuyo circuito equivalente para faltas "delante" se muestra en la Figura 9 y para faltas "detrás" en la Figura 10- donde se aprecia que el sistema considerado está compuesto por una línea con fuentes en ambos extremos. Los valores, en ohmios secundarios, de los distintos elementos que componen el sistema son los siguientes:

Elemento	**Secuencia**		
	Directa (Ωsecundarios)	**Inversa (Ωsecundarios)**	**Homop. (Ωsecundarios)**
Línea	Z_{L1} = 0'414+4,273j	Z_{L2} = 0'414+4'273j	Z_{L0} = 4'244+14'417j
Extremo A	Z_{A1} = 0'0414+0'4273j	Z_{A2} = 0'0414+0'4273j	Z_{A0} = 0'4244+1'4417j
Extremo B	Z_{B1} = 0'414+4,273j	Z_{B2} = 0'414+4'273j	Z_{B0} = 4'244+14'417j

El valor de las fuentes en ambos extremos de la línea es E_A = 67'78V L 7'8º y E_B = 70'85VL-5.4º respectivamente, medidos en voltios secundarios. El valor calculado de la tensión de prefalta en el extremo A es V_{AP} =67'8V L7'1º y el valor de la intensidad de prefalta en ese extremo es de I_{AP} =1'8 AL 17'57º.

Aplicando los criterios de ajuste mostrados en el epígrafe anterior y conocidos los datos de la línea y del sistema seleccionamos los siguientes valores para el funcionamiento de la unidad:

Ajuste	Significado	Valor
50D	Arranque de la unidad direccional de secuencia directa	0'5
ZL1	Impedancia de secuencia directa de la línea protegida	0'414+4'273j
γ	Porcentaje de la potencia de secuencia directa devuelta por la falta deseada	1
δ	Porcentaje de la potencia de secuencia directa suministrada por la fuente deseada	1
θ	Máximo desfase entre tensiones de los dos extremos de línea en funcionamiento normal	30º
KF	Alcance para faltas "delante"	0'4
KR	Alcance para faltas "detrás"	0'6

Tratamos a continuación de ver el comportamiento de la unidad paso a paso en las dos situaciones consideradas. Comenzamos suponiendo que se produce una falta monofásica franca en la fase R a un 95% de la longitud de la línea midiendo desde el extremo A.

Las tensiones e intensidades que aparecen en el punto del relé durante esa falta son las siguientes:

V_{A0}	V_{A1}	V_{A2}	I_{A0}	I_{A1}	I_{A2}
4'2VL177'1º	66'6VL7'1º	1'2VL-172º	2'8AL-76'5º	3'2AL-42'5º	2'7AL-76'5º

Al producirse el cortocircuito el detector de falta se activa y la entrada FD -que es la salida de la unidad detectora de falta- toma el valor lógico verdadero (vide figura 8). Asimismo la unidad está habilitada con lo que el ajuste DIRE también tiene valor lógico verdadero. Por último la variación de corriente supera el umbral fijado por 50D ya que la variación de intensidad de secuencia directa es superior a 0'5A. Como las tres entradas están activas se habilitan simultáneamente el módulo de cálculo de potencias y el elemento que contiene al comparador. El circuito de memoria suministra los valores de la tensión y la intensidad antes de producirse el cortocircuito y el módulo de cálculo de potencias calcula a partir de los valores de falta y de prefalta las siguientes magnitudes:

Potencia	Significado	Valor
$S_{F1} = V_1^P \cdot \Delta I_1^*$	Potencia suministrada por la fuente al cortocircuito	189VA∟84º
$S_1 = \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^*$	Potencia de secuencia directa devuelta por el cortocircuito a la fuente	3'3VA∟-96º
$S_{L1} = Z_{L1} \cdot \lvert \Delta I_1 \rvert^2$	Potencia de secuencia directa consumida por la línea (referencia)	33'3VA∟84º

Continuando con el esquema de la Figura 8, los valores calculados entran en el comparador y, con los ajustes seleccionados calcula la expresión:

$$\kappa = \mathrm{Re}\left\{ \frac{\gamma \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - \delta \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* \cdot e^{j\cdot\theta}}{\gamma \cdot Z_{L1} \cdot \lvert \Delta I_1 \rvert^2} \right\} = -5'048$$

Como 5'042 es mucho menor que KF -cuyo valor es 0'4- al cabo de un número prefijado de muestras se activa la salida DIR_F indicando que se ha producido una falta "delante" de la protección. Por el contrario, como -5'042 no es mayor que KR -cuyo valor es 0'6- la salida que indica que la falta se ha producido detrás no se activa.

El otro caso de interés es el que se da cuando la falta tiene lugar "detrás" de la protección. Si la falta (falta monofásica franca en la fase R) se produce en un punto inmediatamente "detrás" de la protección, el circuito a resolver será el planteado en la Figura 10.

La resolución del circuito representado en la Figura 10 conduce a los siguientes valores de tensión e intensidad:

V_{A0}	V_{A1}	V_{A2}	I_{A0}	I_{A1}	I_{A2}
43'4V∟-177º	55'6V∟5'6º	12'4V∟-166º	1'44A∟110º	2'27A∟57'1º	1'44A∟110º

Al producirse este cortocircuito en la línea, el detector de falta mide un aumento de las intensidades homopolar e inversa y activa su salida. La salida del detector de falta entra en la unidad (FD=verdadero) y al estar activada la unidad (DIRE=verdadero) y superarse el umbral 50D se activa el módulo calculador de potencias y también el elemento que contiene al comparador.

El módulo calculador de potencias calcula los siguientes valores:

Potencia	Significado	Valor
$S_{F1} = V_1^P \cdot \Delta I_1^*$	Potencia suministrada por la fuente al cortocircuito	97'9VA∟-102º
$S_1 = \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^*$	Potencia de secuencia directa devuelta por el cortocircuito a la fuente	17'86VA∟84º
$S_{L1} = Z_{L1} \cdot \lvert \Delta I_1 \rvert^2$	Potencia de secuencia directa consumida por la línea (referencia)	8'93VA∟84º

Estos valores calculados entran en el comparador y el resultado de aplicar la expresión es el que se muestra a continuación:

$$\kappa = \mathrm{Re}\left\{\frac{\gamma\cdot\Delta V_1\cdot\Delta I_1^{*} - \delta\cdot V_1^{P}\cdot\Delta I_1^{*}\cdot e^{j\cdot\theta}}{\gamma\cdot Z_{L1}\cdot\left|\Delta I_1\right|^2}\right\} = 12'079$$

Como 12’1 es mucho mayor que KR -cuyo valor es 0’6- transcurrido el número de muestras prefijado se activa la salida DIR_R indicando que se ha producido una falta “hacia atrás”. Inversamente como 12’1 es mucho mayor que KF esta salida no se activa.

REIVINDICACIONES

1. Protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta, **caracterizado** porque consta de una unidad direccional que recibe las magnitudes de la línea eléctrica de tensión de secuencia directa (V_1), tensión de secuencia directa existente antes de producirse la falta (V_1^P), intensidad de secuencia directa (I_1), intensidad de secuencia directa existente antes de producirse la falta (I_1^P), constando la unidad direccional de:

a) un módulo calculador de potencias que consta de medios para

a_1) calcular la potencia de secuencia directa suministrada por la fuente al cortocircuito (S_{F1}) que circula por el punto en el que está instalado el sistema, de acuerdo con la expresión:

$$S_{F1} = V_1^P \cdot \Delta I_1^*$$

siendo ΔI_1^* la conjugada del incremento de la intensidad de secuencia directa ($\Delta I_1 = I_1 - I_1^P$);

a_2) calcular la potencia de secuencia directa consumida por la totalidad de la línea (S_{L1}) debido a la falta, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$S_{L1} = Z_{L1} \cdot \left|\Delta I_1\right|^2$$

siendo Z_{L1} la impedancia de la línea eléctrica de secuencia directa;

a_3) calcular la potencia de secuencia directa (S_1) que circula por el punto en el que está instalado el sistema, de acuerdo con la expresión:

$$S_1 = \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^*$$

siendo ΔV_1^* la conjugada del incremento de la tensión de secuencia directa ($\Delta V_1 = V_1 - V_1^P$);

b) un módulo de decisión que consta de medios para:

b_1) determinar una señal de polarización que responde a la expresión:

$$S_{POLARIZACIÓN} = \gamma \cdot Z_{L1} \cdot \left|\Delta I_1\right|^2 = \gamma \cdot S_{LI}$$

donde S_{L1} es la potencia de secuencia directa de la línea y γ es el porcentaje de esa potencia que deseamos incluir en la unidad.

b_2) determinar una señal de operación que responde a la expresión:

$$S_{OP} = \gamma \cdot \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^* - \delta \cdot V_1^P \cdot \Delta I_1^* \cdot e^{j\theta} - \kappa \cdot S_{POL} = S - \kappa \cdot S_{POL}$$

donde $S_1 = \Delta V_1 \cdot \Delta I_1^*$ y $S_{F1} = V_1^P \cdot \Delta I_1^*$ son las potencias de secuencia directa suministradas y consumidas por el cortocircuito respectivamente y K es el valor frontera elegido por el usuario, siendo K=KF para faltas delante y K=KR el valor frontera para faltas detrás;

b_3) determinar la parte real (Re) del producto de la señal de operación por el conjugado de la señal de polarización, de acuerdo con la expresión:

$$Re\left(S_{OPERACION} \cdot S_{POLARIZACION}^*\right)$$

b4) decidir que el sentido de la falta se ha producido “delante” del sistema cuando la parte real (Re) es negativo y “detrás” cuando la parte real es positiva, lo que formalmente se expresa:

$$\mathrm{Re}\left\{\left(\gamma\cdot S_1-\delta\cdot S_{1F}-\kappa\cdot\left(\gamma\cdot S_{L1}\right)\right)\left(\gamma\cdot S_{L1}\right)^{*}\right\}\begin{cases}<0\rightarrow \text{Falta delante}\\ >0\rightarrow \text{Falta detrás}\end{cases}$$

2. Protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta, según reivindicación anterior, **caracterizado** porque deducida de $\mathrm{Re}\{S_{OP}\cdot S_{POL}^{*}\}\leq 0$ la expresión

$$\kappa=\mathrm{Re}\left\{\frac{\gamma\cdot\Delta V_1\cdot\Delta I_1^{*}-\delta\cdot V_1^{P}\cdot\Delta I_1^{*}\cdot e^{j\cdot\theta}}{\gamma\cdot Z_{L1}\cdot\left|\Delta I_1\right|^{2}}\right\}$$

y fijados la κ como valor frontera K_F para faltas delante y el valor frontera K_R para faltas detrás, dispone el módulo de decisión de medios direccionales para decidir que si:

$\kappa \leq K_F$ la falta se ha producido en sentido hacia delante

$\kappa \geq K_R$ la falta se ha producido en sentido hacia detrás

activándose su correspondiente salida.

3. Protección de linea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el sistema consta de circuitos contadores, uno que cuenta las muestras durante las que se mantiene la salida “hacia delante” activada y otro que cuenta las muestras durante las que se mantiene la salida “hacia detrás” activada, activándose la salida de los circuitos contadores cuando el número de muestras acumulado es tal que el tiempo durante el cuál se ha mantenido la respuesta es superior al correspondiente a una temporización (valor umbral) predeterminada.

4. Protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta, según reivindicación 3, **caracterizado** porque consta de un circuito contador que, durante un tiempo prefijado, bloquea la activación de la salida en sentido “delante” para no permitir que cambios de flujo debidos a actuaciones de unos interruptores asociados del sistema den lugar a actuaciones indebidas de la unidad.

5. Protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta, según reivindicación 1, **caracterizado** porque consta de un módulo de adaptación de señal que consta de:

a) un circuito de memoria que almacena los valores de tensión e intensidad presentes en el momento anterior a producirse el cortocircuito.

b) dos restadores que calculan la variación de tensión e intensidad entre la situación de prefalta y falta.

6. Protección de línea eléctrica para determinar el sentido en el que se produce una falta, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el arranque de la unidad no se produce si la variación de intensidad de secuencia directa no supera un umbral prefijado por el usuario.

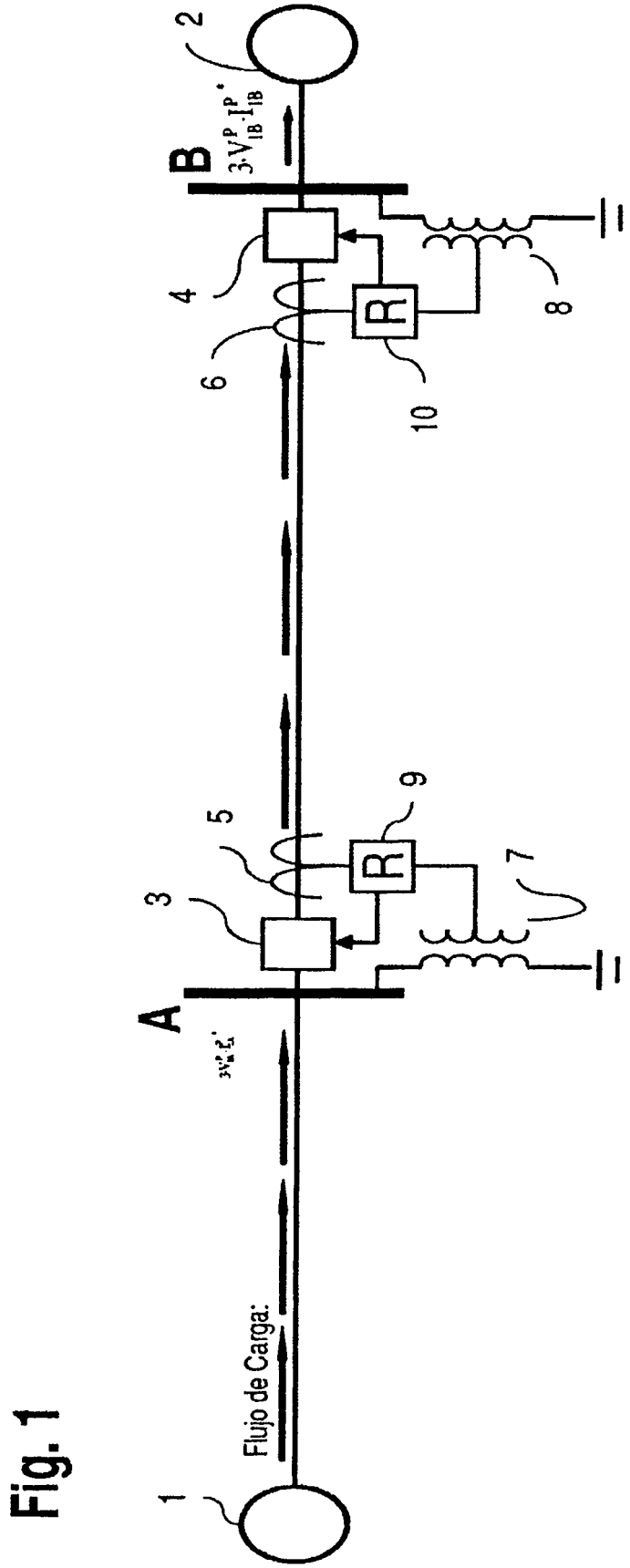


Fig. 1

Fig. 2

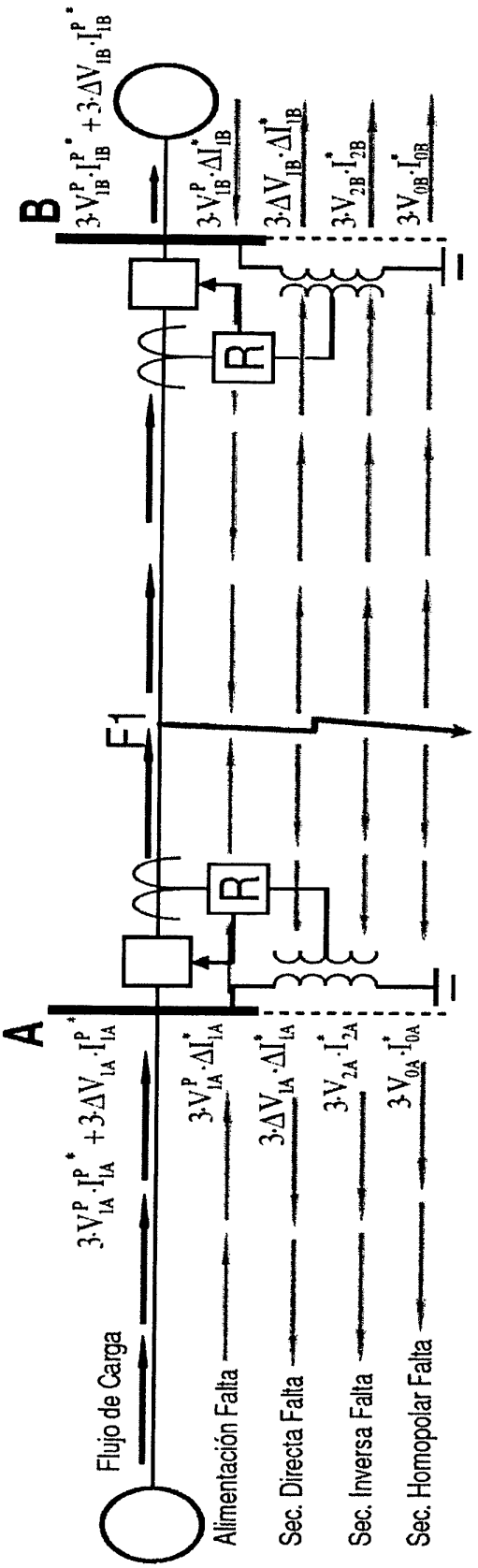

A
B
F1
R
R
Flujo de Carga
Alimentación Falta
Sec. Directa Falta
Sec. Inversa Falta
Sec. Homopolar Falta
$3 \cdot V^P_{1A} \cdot I^{P\,*}_{1A} + 3 \cdot \Delta V_{1A} \cdot I^{P\,*}_{1A}$
$3 \cdot V^P_{1A} \cdot \Delta I^*_{1A}$
$3 \cdot \Delta V_{1A} \cdot \Delta I^*_{1A}$
$3 \cdot V_{2A} \cdot I^*_{2A}$
$3 \cdot V_{0A} \cdot I^*_{0A}$
$3 \cdot V^P_{1B} \cdot I^{P\,*}_{1B} + 3 \cdot \Delta V_{1B} \cdot I^{P\,*}_{1B}$
$3 \cdot V^P_{1B} \cdot \Delta I^*_{1B}$
$3 \cdot \Delta V_{1B} \cdot \Delta I^*_{1B}$
$3 \cdot V_{2B} \cdot I^*_{2B}$
$3 \cdot V_{0B} \cdot I^*_{0B}$

Fig. 3

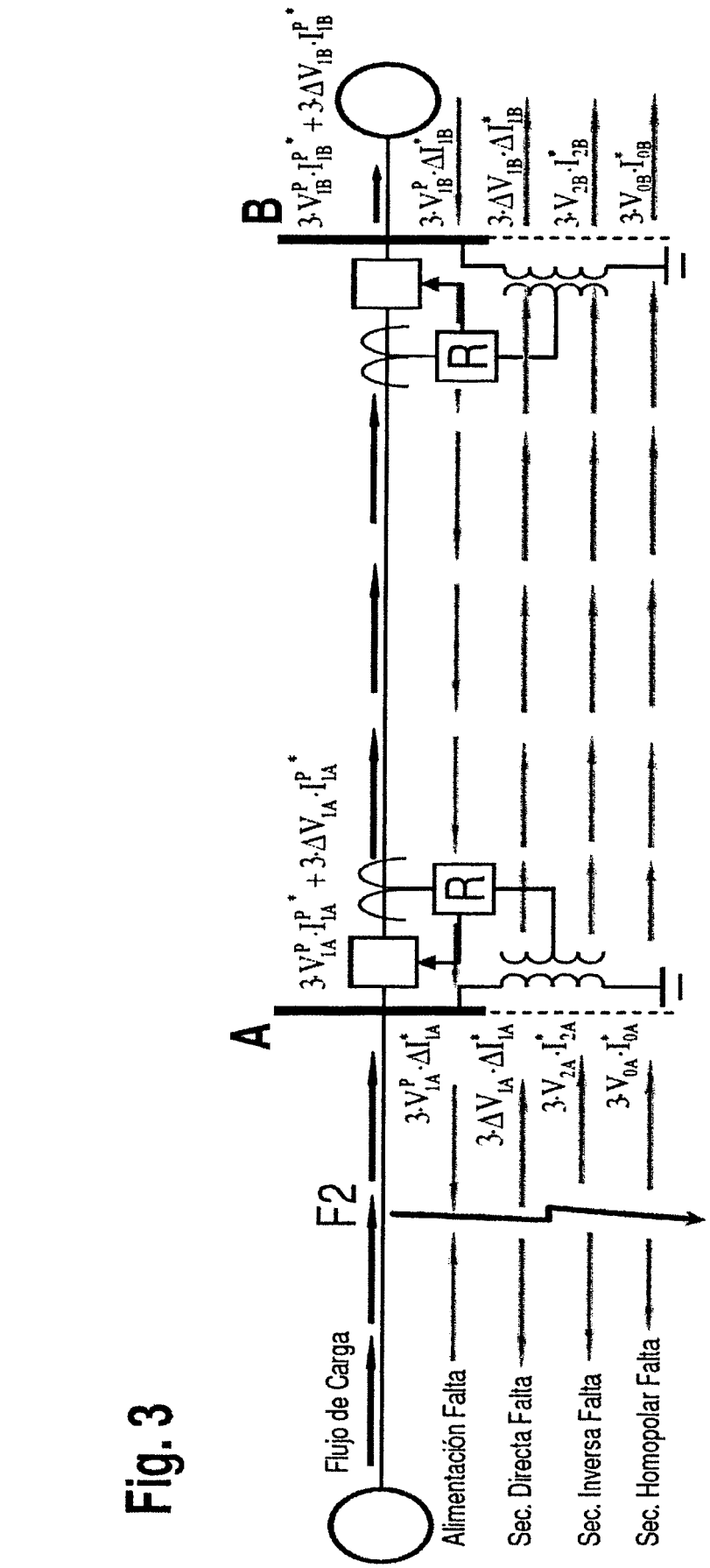

A
B
F2
R
R
Flujo de Carga
Alimentación Falta
Sec. Directa Falta
Sec. Inversa Falta
Sec. Homopolar Falta
$3 \cdot V_{1A}^{P} \cdot I_{1A}^{P*} + 3 \cdot \Delta V_{1A} \cdot I_{1A}^{P*}$
$3 \cdot V_{1A}^{P} \cdot \Delta I_{1A}^{*}$
$3 \cdot \Delta V_{1A} \cdot \Delta I_{1A}^{*}$
$3 \cdot V_{2A} \cdot I_{2A}^{*}$
$3 \cdot V_{0A} \cdot I_{0A}^{*}$
$3 \cdot V_{1B}^{P} \cdot I_{1B}^{P*} + 3 \cdot \Delta V_{1B} \cdot I_{1B}^{P*}$
$3 \cdot V_{1B}^{P} \cdot \Delta I_{1B}^{*}$
$3 \cdot \Delta V_{1B} \cdot \Delta I_{1B}^{*}$
$3 \cdot V_{2B} \cdot I_{2B}^{*}$
$3 \cdot V_{0B} \cdot I_{0B}^{*}$

Fig. 4

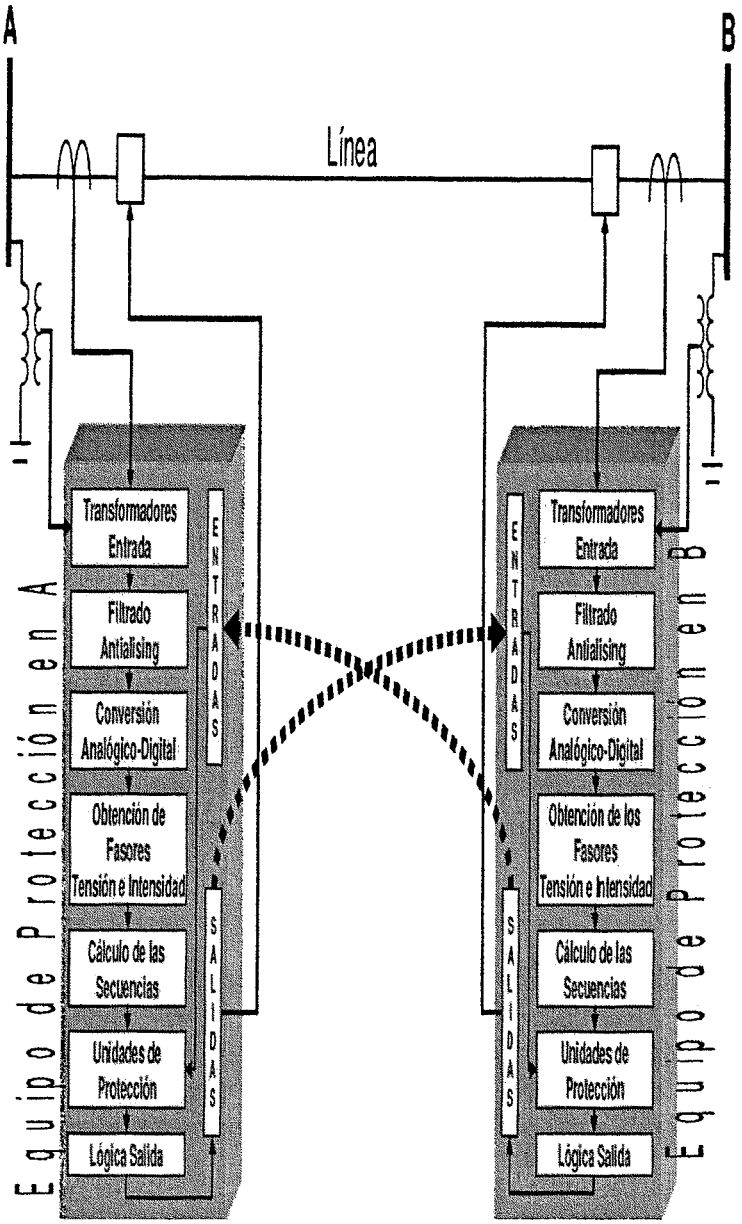

A
B
Línea
Equipo de Protección en A
Equipo de protección en B
Transformadores Entrada
Filtrado Antialising
Conversión Analógico-Digital
Obtención de Fasores Tensión e Intensidad
Cálculo de las Secuencias
Unidades de Protección
Lógica Salida
ENTRADAS
SALIDAS
Transformadores Entrada
Filtrado Antialising
Conversión Analógico-Digital
Obtención de los Fasores Tensión e Intensidad
Cálculo de las Secuencias
Unidades de Protección
Lógica Salida
ENTRADAS
SALIDAS

Fig. 5

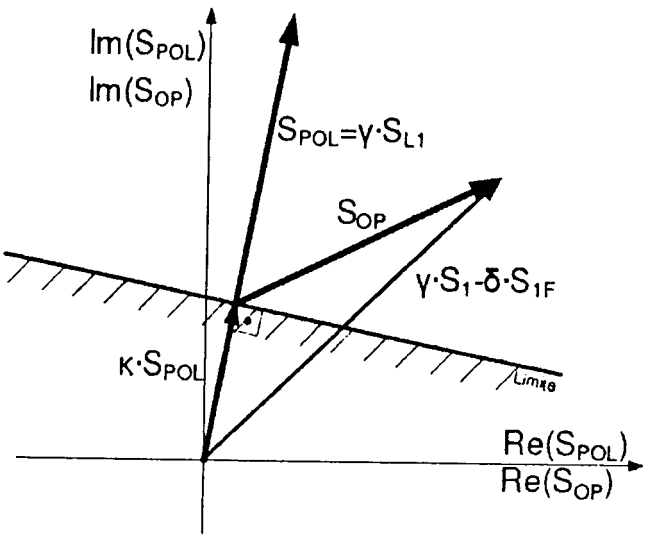


Fig. 6

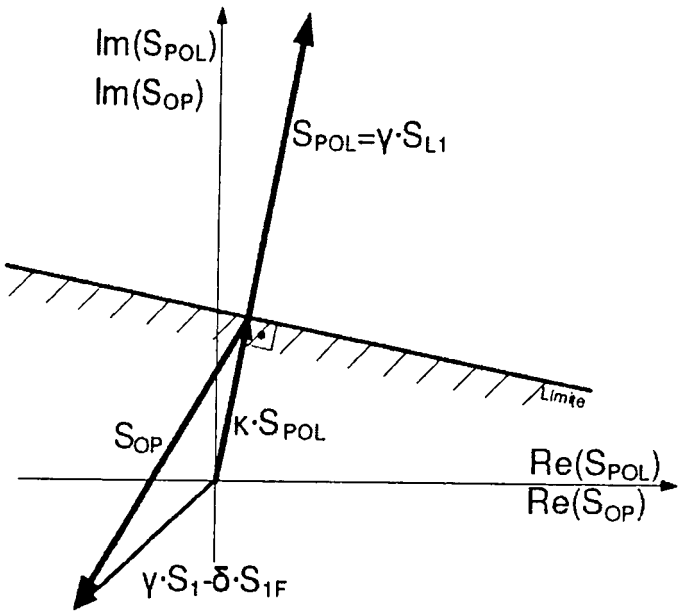

Im(SPOL)
Im(SOP)
SPOL=γ·SL1
Limite
SOP
κ·SPOL
Re(SPOL)
Re(SOP)
γ·S1-δ·S1F

Fig. 7

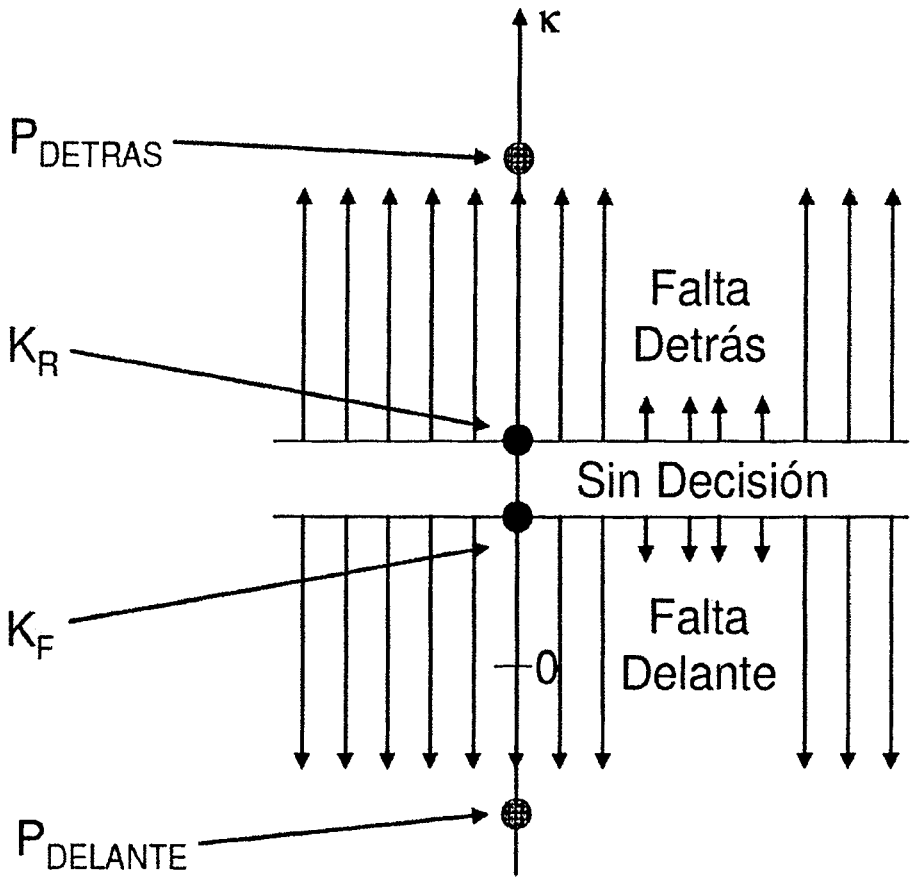

κ
P DETRAS
K R
K F
P DELANTE
Falta
Detrás
Sin Decisión
Falta
Delante
0

Fig. 8

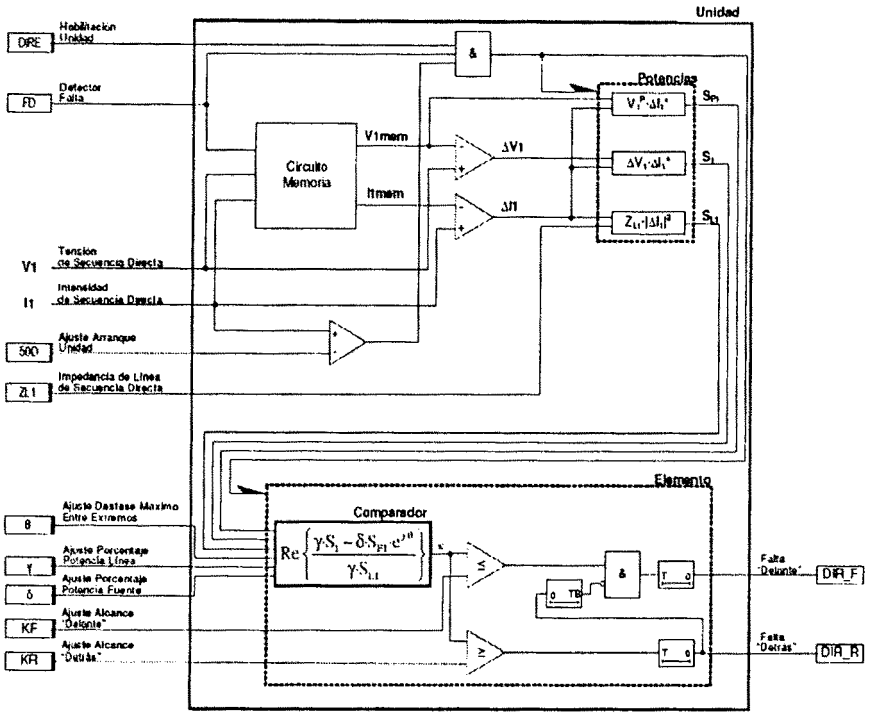

Unidad
DRE
Habilitacion Unidad
FD
Detector Falta
Circuito Memoria
V1mem
I1mem
ΔV1
ΔI1
Potencias
Sn
S1
SL1
V1
Tension de Secuencia Directa
I1
Intensidad de Secuencia Directa
50D
Ajuste Arranque Unidad
Z1
Impedancia de Linea de Secuencia Directa
Elemento
Comparador
θ
Ajuste Desfase Maximo Entre Extremos
γ
Ajuste Porcentaje Potencia Linea
δ
Ajuste Porcentaje Potencia Fuente
KF
Ajuste Alcance "Delante"
KR
Ajuste Alcance "Detras"
Falta "Delante"
DIR_F
Falta "Detras"
DIR_R

Fig. 9

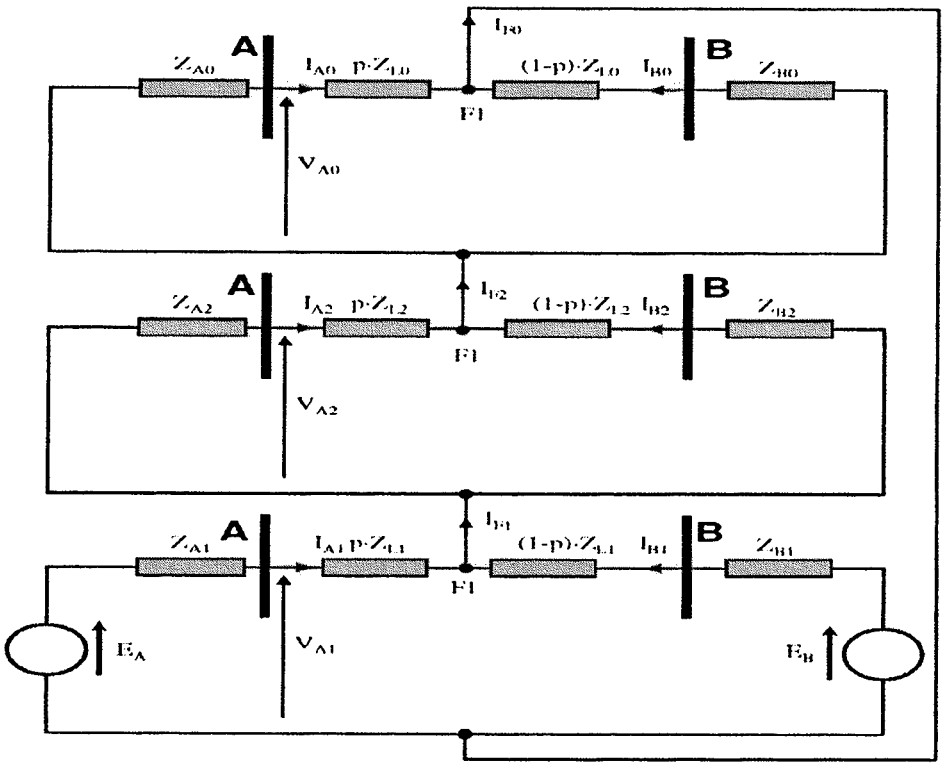
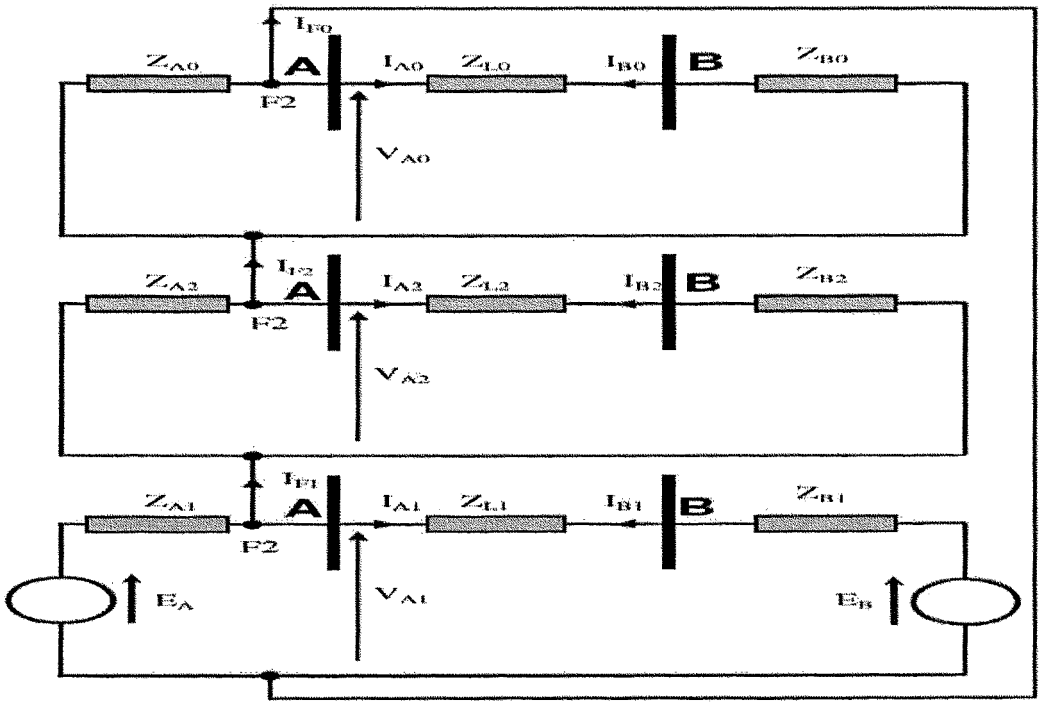

A
B
F1
Z_{A0}
I_{A0} $p \cdot Z_{L0}$
$(1-p) \cdot Z_{L0}$
I_{B0}
Z_{B0}
I_{F0}
V_{A0}
Z_{A2}
I_{A2} $p \cdot Z_{L2}$
$(1-p) \cdot Z_{L2}$
I_{B2}
Z_{B2}
I_{F2}
V_{A2}
Z_{A1}
I_{A1} $p \cdot Z_{L1}$
$(1-p) \cdot Z_{L1}$
I_{B1}
Z_{B1}
I_{F1}
V_{A1}
E_A
E_B

Fig. 10


I_{F0}
Z_{A0}
A
I_{A0}
Z_{L0}
I_{B0}
B
Z_{B0}
P2
V_{A0}
I_{F2}
Z_{A2}
A
I_{A2}
Z_{L2}
I_{B2}
B
Z_{B2}
P2
V_{A2}
I_{F1}
Z_{A1}
A
I_{A1}
Z_{L1}
I_{B1}
B
Z_{B1}
P2
V_{A1}
E_A
E_B

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 308 913

(21) Nº de solicitud: 200700392

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **14.02.2007**

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 0769836 A2 (SCHWEITZER ENG. LAB) 23.04.1997, todo el documento.	1-6
A	US 5349490 A (ROBERTS et al.) 20.09.1994, columna 2, línea 50 - columna 5, línea 20.	1-6
A	US 6584417 B1 (HU et al.) 24.06.2003, columna 3, líneas 5-26.	1-6
A	AGRASAR, M, URIONDO, F., HERNANDEZ, J.R. "A useful methodology for analyzing distance relays performance during simple and inter-circuit faults in multi-circuit lines"IEEE Transactions on Power delivery, vol 12, Issue 4 Oct 1997, ISSN 0885-8977 páginas 1465-1471.	1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
04.11.2008	L. García Aparicio	1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01R 31/08 (2006.01)
H02H 3/08 (2006.01)
H02H 3/38 (2006.01)
H02H 7/26 (2006.01)