

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria.

11	NUMERO
21	466.782
22	FECHA DE PRESENTACION
	8-Febrero-1.978

10 A1



ESPAÑA

20 DIC. 1978

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
31	NUMERO				
	77/03569		9-2-77		Francia

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			H01H		

64 TITULO DE LA INVENCION

"RELE DIRECCIONAL PARA LA VIGILANCIA DE AL MENOS UNA LINEA DE TRANSPORTE DE ENERGIA ELECTRICA ALTERNA"

71 SOLICITANTE (S)

ENERTEC (72626 JYM/RR- P.I.)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

12 Place des Etats-Unis, 92120 Montrouge, Francia

72 INVENTOR (ES)

Michel Souillard

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ (P.-68.080)

El presente invento se refiere a un relé direccional como los que se encuentran en los sistemas de vigilancia de las líneas de transporte de energía eléctrica, especialmente sobre grandes distancias.

5 Es preciso, en primer lugar, recordar que una línea de transporte de energía eléctrica no debe ser tomada sola en sí misma, sino en el conjunto de una red compleja de líneas. Así, cuando aparece un defecto en una línea, las perturbaciones que son creadas por este defecto, pueden repercutir a lo largo de la red con más o menos efecto.

10 Para poder efectuar una vigilancia correcta de una línea en una red, es necesario tomar precauciones particulares. En primer lugar, todas las líneas son vigiladas por dispositivos conocidos bajo la terminología de "detectores de defecto" que proporcionan en su salida una señal cuando aparece un defecto en la red. Estos detectores, conocidos en sí mismos, son, por ejemplo, del tipo de medida de impedancia. Además, a cada punto de convergencia de las líneas, están conectados, de preferencia, dispositivos que permiten, orientando las líneas con relación a este punto de medida, determinar si un defecto está "aguas arriba" o "aguas abajo" de este punto. Por lo tanto, si dos de estos dispositivos colocados en cada extremo de una línea y orientados hacia la línea, indican un defecto "aguas abajo", este último está sobre la línea. Si proporcionan en un extremo una información "aguas arriba", el defecto es exterior a la línea. Estos dispositivos son conocidos bajo el nombre de relés direccionales.

15
20
25
30 Cuando tales medidas han sido efectuadas, los

sistemas de vigilancia incluyen, además, dispositivos de protección que analizan "el defecto" y que, en función de los resultados de estos análisis, desconectan la línea de sus fuentes de alimentación con el fin de proteger estas líneas contra cualquier deterioro que podría producirse en la línea, e incluso originar su destrucción, por lo menos parcialmente.

Estos dispositivos son conocidos por los técnicos familiarizados con esta técnica con el nombre de "relés de protección".

Además, hay que señalar que los defectos raramente son efímeros. En efecto, si el defecto ha sido provocado por un cortocircuito cuya causa es debida a un cuerpo extraño, este cuerpo extraño tiene muchas posibilidades de mantener el cortocircuito. Es necesario, pues, en este caso, localizar el defecto, sobre todo para líneas de gran longitud, con el fin de que el equipo especializado más próximo al defecto pueda intervenir lo más rápidamente posible y poner la línea nuevamente en funcionamiento.

Existen dispositivos en paralelo al relé de protección que, por análisis de las diferentes señales recogidas en la línea, permiten determinar la distancia que separa el defecto de un punto de medida. Estos últimos dispositivos son conocidos, a su vez, bajo el nombre de localizador de defecto.

Existen actualmente dispositivos que permiten dar buenos resultados en la mayoría de los casos para las diferentes necesidades mencionadas más arriba.

Por el contrario, en la actualidad, no existe un relé direccional que ofrezca satisfacción en el caso de

5 las líneas compensadas por condensadores; e incluso los re-
lés que existen actualmente pueden dar, en ciertas condicio-
nes, resultados completamente erróneos, indicando un defec-
to aguas arriba mientras que el defecto real es aguas aba-
jo.

10 Hay que recordar, en primer lugar, que, para
aumentar las potencias transmitidas en las líneas, mejo-
rar la estabilidad de la redes y utilizar líneas de gran
longitud, las líneas pueden estar compensadas. Tal com-
pensación se obtiene, generalmente, por una o varias ba-
terías de condensadores en serie sobre las líneas. Estos
condensadores pueden estar colocados, según los casos, en
diferentes puntos de la línea. De todos modos, el índice
15 global de compensación de las líneas así equipadas con
condensadores, varía por término medio de 30 a 70%, lo que
hace que, de todos modos, la impedancia total resultante
de las líneas compensadas permanezca siempre con dominan-
te de autoinducción.

20 Dicho esto, y como se ha indicado más arriba,
la vigilancia de una línea es efectuada siempre a partir
de un punto de una línea, con relación al cual está orien-
tada esta línea. Una línea presenta siempre, vista a par-
tir de este punto, una cierta reactancia que es, con una
buena aproximación, proporcional a la longitud de la línea
25 vista desde este punto. Cuando se produce un defecto en
esta línea, la distancia que separa este defecto del pun-
to de medida será una función lineal de la reactancia por
unidad de longitud de esta línea. En el resto de la des-
cripción, esta reactancia total de la porción de la línea
30 comprendida entre el punto de medida y el defecto será de

signada por X.

El estudio del valor de esta reactancia X por diferentes medios, permite determinar si un defecto está aguas abajo o aguas arriba del punto de medida, con relación al cual es tomado el valor de la reactancia X. Los relés direccionales conocidos hasta ahora permiten, en todos los casos, definir la posición de un defecto, tomando como parámetro de análisis esta reactancia X, salvo en el caso en que comprende una reactancia X_c debida al valor de la capacidad de un condensador de compensación.

El estudio sucinto de algunos ejemplos de resultados dados por los relés direccionales conocidos hasta ahora, demuestran que no dan siempre resultados coherentes en el caso de líneas compensadas por condensadores.

Así, si $X - X_c$ es positivo y el defecto real está aguas abajo, el defecto visto es un defecto virtual que está aguas abajo, pero mucho más cerca del punto de medida de lo que está en realidad el defecto real.

Si $X - X_c$ es negativo, pero $X_s + X - X_c$ es positivo con X_s , encontrándose la reactancia total aguas arriba del punto de medida, presumiéndose siempre que el defecto real está aguas abajo, se ve generalmente un defecto virtual en estas condiciones aguas arriba de este punto de medida. Este resultado inverso de la realidad sería dado, por ejemplo, con un relé direccional de bucle en detrimento sensible del agrumento de la impedancia medida por la relación tensión-corriente. Por el contrario, un relé direccional, denominado de tensión memorizada o alimentado por una tensión sana en caso de defecto disimétrico, daría realmente una indicación de defecto aguas abajo.

Los términos "modulo" y "argumento" de una magnitud compleja (tensión o corriente) tal como se emplean en la presente descripción, corresponden, respectivamente, a la "amplitud" y la "fase" de esta magnitud con relación a una amplitud y a una fase de referencia respectivas.

Finalmente, en el caso en que las dos magnitudes $X - X_c$ y $X_s + X - X_c$ son ambas negativas, el defecto se vería aguas arriba y esto, cualesquiera que sean los relés direccionales conocidos actualmente, como por ejemplo los relés de medida de distancia, de impedancia de bucle, de impedancia total o de compensación de fase.

En resumen, como se puede producir un defecto en cualquier punto de una línea, es imposible saber el valor de las reactancias empleadas y por lo tanto, poder concluir con certeza si un defecto es aguas arriba o aguas abajo de un punto de medida.

El presente invento tiene por finalidad realizar un relé direccional que permite dar resultados aceptables en el caso de defecto en líneas de transporte de energía, incluso si estas líneas están compensadas por condensadores.

Más particularmente, el presente invento tiene por objeto un procedimiento para la vigilancia de, al menos, una línea de transporte de energía eléctrica alterna y un relé direccional que permite determinar en dicha línea cuando está afectada por un defecto, si este defecto está aguas arriba o aguas abajo de un punto de medida orientado sobre dicha línea. Tal relé comprende primeros medios para elaborar una primera señal función, a la vez,

del valor de la tensión compleja U_m que reina en dicha línea antes de la aparición del defecto, y del valor de la tensión compleja U de la línea después de la aparición de dicho defecto, segundos medios para elaborar una segunda señal función de una magnitud característica medida sobre la línea, y terceros medios para combinar dicha primera señal con dicha segunda señal compleja.

Otras características y ventajas del presente invento aparecerán en el curso de la descripción siguiente dada a la vista del dibujo anejo a título ilustrativo, pero en modo alguno limitativo, en el cual:

- la figura 1 representa, de forma esquemática, una línea de transporte de energía eléctrica tomada en una red de líneas, con los diferentes parámetros que permiten definirla eléctricamente y a la cual está conectado un relé direccional,

- la figura 2 representa el esquema diagramático de un modo de realización de un relé direccional según el invento,

- la figura 3 representa una serie de curvas que permiten comprender el funcionamiento del relé direccional según el invento,

- la figura 4 representa un esquema diagramático de otro modo de realización de un relé direccional según el invento,

- la figura 5 representa otro ejemplo de realización de un relé direccional según el invento, y

- la figura 6, A, B, representa una ilustración del ejemplo que permite explicar el funcionamiento del relé según la figura 5,

- la figura 7 representa un ejemplo de circuito de memoria de la tensión compleja.

La figura 1 representa muy esquemáticamente, una red de distribución de energía eléctrica. Esta red puede comprender una pluralidad de líneas interconectadas unas con otras y alimentadas por pluralidades de fuentes de alimentación.

En el ejemplo ilustrado en la figura 1, la red comprende una primera fuente de energía eléctrica 1 que delimita una primera línea 2. Esta línea 2 está interconectada a una segunda línea 3 por un punto de conexión 4 que materialmente está constituido por un juego de barras. En este ejemplo, la línea 3 puede ser alimentada en su otro extremo 5 por una segunda fuente de energía 6.

En el resto de la descripción, se supondrá que la línea a vigilar es la (3) comprendida entre el punto 4 y la fuente 6. Esta línea está orientada con relación al punto 4, y es así cómo un defecto que se produce en esta línea 3, por ejemplo, como el esquematizado en 7 por un relámpago de cortocircuito 8, será considerado como un defecto aguas abajo del punto 4, y un defecto que se produce en la parte de la red 1, será considerado como un defecto aguas arriba.

En una red de transporte de energía eléctrica como la esquematizada en la figura 1, los especialistas en esta materia conocen con una precisión bastante buena las impedancias de las líneas con relación a un punto de medida. En el caso de la red ilustrada, la impedancia de la línea 2 con relación al punto 4 será igual a Z_A que designa la impedancia aguas arriba y representada esquemática-

mente en la figura en 9. La impedancia de la línea 3 se descompondrá en dos impedancias, una primera impedancia Z comprendida entre el punto de medida 4 y el punto de defecto 7 representado esquemáticamente en 10, y una segunda impedancia Z_B comprendida entre el punto de defecto 7 y el extremo 5 de la línea 3, ilustrada esquemáticamente en 11.

Como se ha dicho anteriormente, la vigilancia de una línea en una red compleja necesita un cierto número de aparatos, de ellos especialmente un relé direccional 12, que en la ilustrada en la figura 1, debe determinar si un defecto que se produce en alguna parte en su estructura, está aguas arriba o aguas abajo del punto de medida 4.

Este relé direccional 12 está conectado a los juegos de barras por transformadores 13 y 14 de cualquier naturaleza, que suministran, en las entradas 15 y 16, señales eléctricas complejas, generalmente en forma de señales de tensión, que son imágenes de la tensión y de la corriente de la línea que son tomadas al nivel del punto de medida 4.

Los transformadores 13 y 14 pueden ser de diferentes estructuras, como por ejemplo puentes o resistencias potenciométricas pero que, por razones de valor de tensión y de corriente a medir, están constituidos por transformadores de medida por inducción del tipo de inducción bobinada. Así conectado al punto 4 de la red, el relé direccional 12 debe suministrar en su salida 17 una señal con dos estados, debiendo indicar cada estado, cuando se ha producido un defecto en la red, si el defecto está aguas abajo o aguas arriba del punto 4.

La figura 2 representa un modo de realización

de un relé direccional según el invento, que permite resolver el problema de la determinación de los defectos con relación a un punto origen en cualesquiera tipos de estructuras de red de línea de transporte de energía eléctrica alterna, estén estas líneas compensadas o no por condensadores.

El modo de realización del relé direccional ilustrado en la figura 2, comprende un borne de entrada 15 que recibe una señal eléctrica imagen de la tensión U de la línea. Este borne 15 está conectado, respectivamente, a la entrada 21 de una memoria 20 cuya salida 22 está conectada a una primera entrada 23 de un diferenciador 24, cuya segunda entrada 25 está unida directamente al borne de entrada 15 para recibir directamente el valor de la tensión U de la línea; debiendo entenderse en la presente memoria el término "diferenciador" en el sentido de "circuito que efectúa la diferencia".

La memoria 20 incluye una entrada de mando 26 que permite, por una parte, aislar la memoria 20 de su entrada 21 y conservarla en memoria, durante un cierto tiempo, precediendo el valor de la señal a la orden de mando, que le había sido aplicada en su entrada. Este tiempo puede ser de una duración cualquiera, pero, de preferencia, del orden de dos a tres períodos de la corriente eléctrica alterna que recorre la línea a la cual está unida a la entrada 15. A título de ejemplo de realización, esta memoria puede estar constituida por un oscilador subordinado a la amplitud y en fase y, por lo tanto, en frecuencia, tal como se presenta en la figura 7. En este último caso, la señal de mando aplicada en la entrada 26 de la memoria

20 desconecta la entrada del oscilador que recibe la tensión que es aplicada en la entrada 15 y mantiene los osciladores durante el tiempo deseado, como, por ejemplo, el que se da más arriba.

5 La memoria representada en la figura 7 comprende un circuito 101 de rectangularización de la tensión sinusoidal tomada en el punto de medida 4 y aplicada en el borne de entrada 21. La señal rectangular procedente del

10 circuito 101 es aplicada en una entrada 105 de un comparador de fase 103 cuya otra entrada 107 recibe una señal rectangular a comparar. La salida 109 del comparador 103 está unida a una línea de subordinación 110 provista de un

15 contacto 111 normalmente cerrado (conductor) y accionado en la apertura por un relé 113 bajo la acción de la señal de mando procedente del detector de defecto 27 (figura 2) recibida en el borne 26. La línea de subordinación 110

20 alimenta la memoria formada por la resistencia 121 y el condensador 123, que determina la tensión de mando aplicada en la entrada 117 de un oscilador mandado por una tensión VCO 115. La señal rectangular es transformada por

25 un circuito de puesta en forma 125 que suministra una tensión sinusoidal en su salida 127, cuya frecuencia y fase son determinadas por el oscilador 115. Esta tensión se aplica en la entrada 131 de un amplificador de ganancia

30 variable 130, por una parte, y después de la rectangularización por el circuito 129, en la entrada 107 del comparador de fase 103, por otra parte. Este último asegura, pues, por medio de la línea 110, la subordinación, en fase y en frecuencia, de la tensión sinusoidal presente en la salida 127 a la tensión recibida en el borne 21.

La salida 133 del amplificador de ganancia variable 130 está unida, por una parte, a la salida S de la memoria descrita y, por otra parte, a una entrada 135 de un comparador de amplitud 136, cuya otra entrada, 137, recibe la tensión de entrada en el borne 21.

La salida 138 de este comparador de amplitud está unida por el diodo 139 y la línea de subordinación 140, a la memoria R 142, C 143 que manda la entrada de mando de ganancia 134 del amplificador 130. Un interruptor 141 normalmente cerrado y mandado por el relé 113, está interpuesto en la línea de subordinación de tensión 140.

La señal presente en S está normalmente subordinada a la tensión decentrada recibida por el borne 21, en fase y en frecuencia, por una parte, por la línea 110, y en amplitud, por otra parte, por la línea 140.

Si sobreviene un defecto que provoca la excitación de la entrada 26, el relé manda la apertura de los interruptores 111 y 141, interrumpiendo así las dos cadenas de subordinación de la señal en su salida S. Esta señal continúa siendo suministrada por el oscilador 115, el circuito 125 y el amplificador 130, con la frecuencia, la fase y la amplitud que tenía la tensión de entrada en el momento del defecto.

La señal de mando de esta memoria 20 puede ser suministrada por un detector de defecto 27 que detecta la presencia de un defecto en la red. Este tipo de detector de defecto puede ser conforme al que comercializa la solicitante con la siglas PDS y conocido con el nombre de relé de medida de impedancia, que elabora una señal de salida en función del valor de la tensión y de la co-

5 rriente de la línea a la cual está unida. El principio de este relé se describe, por ejemplo, en el informe número 3.108 presentado en la Conferencia Internacional de las Grandes Redes Eléctricas de Alta Tensión (CIGRE) 112, boulevard Haussmann, en París, en el curso de la sesión de los días 10-20 de junio de 1968, por los señores L. Mouton y M. Souillard y en la patente norteamericana número 3.369.156.

10 El segundo borne de entrada 16 del relé direccional recibe una señal de tensión, por ejemplo, que es la imagen de la corriente de la línea vigilada. Este borne de entrada 16 está unido a una primera entrada 28 de una segunda memoria 29, cuya salida 30 está unida a una primera entrada 31 de un segundo diferenciador 32. La segunda entrada 33 de este diferenciador 32 está unida directamente al segundo borne de entrada 16. La segunda memoria 29 tiene la misma función que la primera memoria 26 y puede ser realizada, pues, de la misma manera. Es por esto por lo que su entrada de mando 34 está unida también a la salida 35 del detector 27.

15 En un primer modo de realización, las dos salidas 36, 37, respectivamente, de los dos diferenciadores 36 y 37, podrían estar unidas directamente a las dos entradas 38 y 39 de un órgano de comparación 40 de las dos señales que son suministradas por las salidas de estos dos diferenciadores. Se explicará a continuación que este órgano de comparación puede estar constituido por un comparador de fase.

20 La salida de este órgano de comparación 40 está unida a la salida 17 del relé direccional a través de

un circuito de validación 41 cuya entrada de mando de validación 42 está unida a la salida 35 del detector de defecto 27. Este circuito puede ser, por ejemplo, una puerta lógica que está cerrada en tanto que una señal no ha sido suministrada en la salida 35 del detector 27.

El funcionamiento del dispositivo tal como se describe más arriba, haciendo referencia a las curvas de la figura 3, es el siguiente:

En tanto que la parte de la red vigilada no está afectada por un defecto, las dos memorias 20 y 29 suministran en su salida señales que son estrictamente idénticas a las obtenidas, respectivamente, en las entradas 25 y 33. De esto se deduce, pues, que las salidas 36 y 37, respectivamente, de los diferenciadores 24 y 32, no suministran ninguna señal. Además, no habiendo detectado el detector de defecto ningún defecto, el circuito de validación está bloqueado y no suministra, pues, ninguna señal en 17.

Por el contrario, cuando se produce un defecto, el detector de defecto suministra en su salida una señal que aísla las dos memorias 20 y 29 que suministran entonces en su salida, respectivamente, señales U_m e I_m (3A, 3B), que son señales idénticas en fase y en amplitud a las señales U_{AD} e I_{AD} , que eran aplicadas, respectivamente, en las entradas de las memorias antes de la aparición del defecto. En la figura 3, las curvas U_m e I_m están representadas en puntos y son idénticas a las señales U_{AD} e I_{AD} que eran aplicadas antes del defecto que se ha supuesto producido en el instante t_d . El instante de accionamiento del relé direccional producido por la señal del detector

de defecto está definido por el instante t_c que tiene un ligero retardo ΔT_1 sobre el instante t_b de accionamiento del detector de defecto que tiene, a su vez, un ligero tiempo de retardo ΔT_2 con relación al instante t_d en el cual se ha producido realmente el defecto. Sin embargo, las memorias tienen una constante de tiempo suficiente, por ejemplo, de tres a cuatro períodos de la corriente alterna, para ser mantenidas en funcionamiento y suministrar las dos señales deseadas definidas más arriba.

Así, después de un lapso de tiempo relativamente breve, tras la aparición del defecto, los dos diferenciadores 24 y 32 suministran en continuo, en sus salidas respectivas, señales complejas que representan las diferencias $U - U_m$ e $I - I_m$, siendo U e I las señales de la tensión y de la corriente después de la aparición del defecto.

El comparador 40 que recibe estas dos diferencias, respectivamente, en sus dos entradas, compara los argumentos de estas dos diferencias. Tales comparadores son clásicos, véase por ejemplo el informe CIGRE número 3.108 citado y la patente francesa número 1.477.510 solicitada el 25 de enero de 1966. Esta comparación se puede efectuar, por ejemplo, de la manera siguiente: puede ser efectuada la diferencia de los argumentos de las señales $U - U_m$ e $I - I_m$ y comparando este resultado con relación a una fase de referencia predeterminada en función de la configuración de la red a vigilar. Esta última comparación se puede efectuar de manera muy sencilla determinando si el argumento de la diferencia de las dos señales $U - U_m$ e $I - I_m$, está en adelanto o en retardo con respecto a la fase de re

ferencia. Estos dos estados serán representados en la salida del comparador por dos señales de valor diferente, siendo cada una representativa de los valores, bien de un defecto aguas arriba, bien de un defecto aguas abajo del punto de medida, respectivamente. Hay que destacar que la comparación de los módulos de las señales $U - U_m$ e $I - I_m$, no es absolutamente necesaria en este modo de realización.

Finalmente, las señales (curva D, figura 3) obtenidas en la salida del comparador de fase, serán validadas a través del circuito de validación 41 que será abierto por la señal suministrada por el detector de defecto 27 (curva C, figura 3).

En este modo de realización, solo han intervenido los parámetros argumentos de los grandes complejos de $U - U_m$ e $I - I_m$. Por el contrario, el módulo puede, por lo menos, intervenir en la sensibilidad de tal relé direccional. En ciertos casos de módulo demasiado pequeño, es necesario hacer intervenir la magnitud de los módulos de estas magnitudes complejas $U - U_m$ e $I_u - I_m$ a comparar, para eliminar los casos límites denominados de "ZONA MUERTA", como se explica en la patente norteamericana número 3.651.377 concedida el 21 de marzo de 1972, por ejemplo.

Asimismo, en este caso, este relé direccional comprende, además, como se representa en la figura 2, intercalado entre la salida 36 y la entrada 38 del comparador, un diferenciador 43 que recibe, en su primera entrada 44, la diferencia $U - U_m$ y, en su segunda entrada 45, la señal suministrada en la salida 37 de la memoria 32, a través de un multiplicador de impedancia 46 que multiplica la diferencia $I - I_m$ con una impedancia de compensación Z_c .

que puede ser una reactancia o una mutua inductancia, es decir, dos bobinados acoplados por un núcleo de hierro dulce.

5 Naturalmente, la salida 37 de la memoria 32 permanece conectada a la entrada 39 del comparador. Así, en esta realización, el comparador funciona de la misma manera que anteriormente se ha descrito, pero compara los argumentos de la señal $U - U_m - Z_c (I - I_m)$ y de la señal $I - I_m$.

10 La elección de la impedancia de compensación puede tener importancia para obtener a la vez una sensibilidad suficiente y una buena selectividad.

La solicitante ha constatado que de preferencia, esta impedancia de compensación Z_c debía estar comprendida entre dos límites $Z_c \text{ min.}$ y $Z_c \text{ max.}$

15 Para el primer límite, es preciso que $Z_c \text{ min.}$ multiplicado por $I - I_m$ dé una tensión suficiente para la sensibilidad del comparador, especialmente de fase.

20 Mientras que para el segundo valor límite, es preciso que $Z_c \text{ max.}$ sea inferior a $Z + Z_B$, es decir, la impedancia de la línea Z_L aguas abajo del punto de medida. Esta impedancia Z_L de la línea es conocida y constante. En este caso, Z_c podrá ser igual a la mitad de esta impedancia de la línea Z_L , para obtener a la vez una buena sensibilidad en caso de defecto aguas abajo y un buen margen de seguridad para un defecto aguas arriba, y esto: incluso en las condiciones de defecto más severas, es decir, en el caso de un defecto aguas arriba en la proximidad del punto de medida, o entonces, en el caso de un defecto: 25 aguas abajo, en el extremo de la línea más alejado del pun

to de medida.

Para obtener una buena garantía de selectividad en caso de defecto aguas arriba del punto de medida 4, es indispensable que la impedancia de compensación Z_c sea siempre netamente inferior a la impedancia total de la línea más la impedancia de origen comprendida entre el punto 4 y el punto 6. Si la fuente unida al extremo lejano de la línea es muy potente, su impedancia se hace despreciable ante la de la línea, y la impedancia total se reduce a la de la línea Z_L . Si la línea puede ser compensada por un condensador de serie, su impedancia resultante Z_{LC} será reducida y menor que Z_L , puesto que:

$$Z_{LC} = R_L + jX_L - jX_C$$

Siendo X_L y X_C , respectivamente, la reactancia de la línea y la capacitancia del condensador a la frecuencia fundamental de la red. Se elegirá, pues, generalmente, un valor de Z_C poco diferente de $1/2 Z_{LC}$ incluso en este caso.

El comparador de fase efectúa una diferencia de los argumentos de las señales $U - U_m$ e $I - I_m$. Se recuerda que los defectos en líneas pueden tener lugar entre fases o entre fases y tierra, por ejemplo. Es necesario, pues, considerar todos estos casos de defecto y, de este modo, en un punto de medida, estarán colocados varios relés direccionales que vigilarán las diversas posibilidades de defecto, bien entre fases, bien entre fases y tierra.

Generalmente, la experiencia muestra que, para los defectos entre fases, la amplitud de la corriente de defecto es muy grande con relación a la de la corrien-

te de la línea sin defecto, es decir, a la corriente de carga.

5 En estas condiciones, el modo de realización del relé direccional según el invento puede comprender un comparador de fases que efectúa la comparación de la fase de la señal $U - U_m$ obtenida en la salida de la memoria con la fase de la corriente I después del establecimiento del defecto.

10 Así, el relé direccional puede ser realizado sin necesitar una memoria de la corriente de carga como la memoria 29 del modo de realización según la figura 2.

La figura 4 representa un modo de realización que ilustra esta característica con la de la compensación por una impedancia local como la impedancia Z_C .

15 El relé direccional según la figura 4 comprende una memoria 420 unida, por su primera entrada 421, al borne de entrada 15. La salida 422 de esta memoria 420 está unida a una primera entrada 444 de un diferenciador 443. La segunda entrada 445 de este diferenciador 443 está unida a la salida de un sustractor 450. Este sustractor 450 tiene dos entradas 451 y 452 que reciben, respectivamente, por una parte, la tensión aplicada en la entrada 20 15, y por otra parte, una tensión proporcional a la corriente I suministrada por un multiplicador 446 alimentado por una señal que representa el valor de la corriente I , 25 siendo esta tensión suministrada por este multiplicador igual al valor de I multiplicado por el valor de una impedancia de compensación Z_C , como la definida anteriormente.

30 El relé comprende también, como en el modo de realización descrito anteriormente, por una parte, un com-

parador 440 cuyas entradas 438 y 439 están conectadas, respectivamente, a la salida del diferenciador 443 y a la entrada 16, y por otra parte, un detector de defecto 427 cuya salida 435 está conectada a la entrada de mando 426 de la memoria 430 y la entrada de mando 442 de un circuito de validación 441, cuya salida constituye la salida 17 del relé direccional.

El funcionamiento de este relé ilustrado por esta figura 4 se deduce del ilustrado en la figura 2.

Sin embargo, este modo de realización en su aplicación a la vigilancia entre fases, por ejemplo, puede ser de una realización más sencilla, sobre todo en cuanto a la estructura de la memoria de la tensión antes del defecto. En efecto, en este modo de vigilancia, se puede utilizar una simple memoria de fases, sin que sea de amplitud, es decir, que una memoria que suministra almenas en fase con la de la tensión, será suficiente, sin que la amplitud de estas almenas tenga una influencia en los resultados obtenidos.

En efecto, en las redes clásicas, las impedancias son esencialmente reactivas, de autoinductancia o capacitivas. De esto se deriva que las tensiones U , $Z_C I$, U_m y $(U - Z_C I) - U_m$, pueden ser tomadas siempre en todos los casos como prácticamente colineales o en cuadratura con el vector que representa la corriente I .

En estas condiciones, las informaciones que son utilizables en el tratamiento de las señales en el relé direccional pueden ser señales lógicas de dos estados.

La figura 5 da un ejemplo de realización de un relé direccional que puede ser utilizado en las condi-

ciones mencionadas más arriba.

En primer lugar, para la simplificación de la descripción, la señal $U - Z_C I$ se tomará igual a U_C .

Este relé direccional ilustrado en la figura 5 comprende una memoria de fase 50, cuyo borne de entrada 51 está unido al borne 15 al cual es aplicada la señal imagen de la tensión de la línea, que suministra en su salida 52 una señal de fase $U_m \emptyset$. Un modo de realización posible de tal memoria de fase se describe en el informe número 3.402, páginas 8 y 9, presentados por los señores SOUILLARD, SARQUIZ y MOUTON, en la conferencia CIGRE "International Conference on Large High Voltage Electric System, 112 Bd Haussmann 75008, Paris, del 21 al 29 de agosto de 1974. La salida 52 está conectada a una primera entrada 53 de un comparador de fases 54, cuya segunda entrada 55 está unida al borne de entrada 16 del relé al cual es aplicada una señal de imagen de la corriente de línea. Este comparador suministra en su salida 56 una señal lógica C_p que puede estar en un estado lógico "I" cuando la tensión está en avance de fase en 90° sobre la corriente y en un estado lógico "0", cuando está en retardo de 90° .

El relé comprende, además, una memoria de amplitud 57, cuya entrada 58 está unida al borne de entrada 15. Esta memoria de amplitud, por ejemplo un detector de cresta analógica o numérica, suministra en su salida 59 una señal que representa el valor absoluto de U_m , es decir, el módulo de la tensión de la línea antes de un defecto U_m . La salida 59 está conectada a la entrada 61 de un comparador de módulo 60 para comparar el valor U_m con el valor que representa el módulo de la tensión U_C , es decir,

$|U - Z_C I|$. El símbolo $||$ se utiliza para representar el módulo.

La señal que representa U_C es aplicada en la entrada 62 de este comparador 60. La salida 63 de este comparador suministra una señal C_M que representa la diferencia $U_C - U_m$ y que puede tomar dos estados lógicos, es decir, estado lógico "1" cuando el módulo de U_C es mayor que el módulo de U_m y estado lógico "0" en el caso inverso.

Para elaborar las señales que representan U_C y $|U_C|$ el relé direccional comprende un multiplicador 64 cuya entrada 65 está unido al borne 16 que recibe la señal imagen de la corriente de la línea, para obtener en su salida una señal que representa el producto de I por una impedancia de compensación local Z_C comprendida en el multiplicador. La salida 66 de este multiplicador 64 suministra una señal que representa $I Z_C$ que es aplicada en la entrada 67 de un sustractor 68, cuya otra entrada 69 está unida al borne 15. Así, la salida 70 de este sustractor suministra una señal que representa la diferencia $U - Z_C I$, es decir, U_C . Esta salida 70 alimenta la entrada 71 de la memoria de amplitud 72 que suministra en su salida 73 una señal que representa el valor del módulo U_C , es decir, $|U_C|$ o $|U - Z_C I|$ para alimentar la entrada 62 del comparador de módulo 60.

Además, la salida 70 del sustractor 68 está unida también a una primera entrada 74 de un comparador de fase 75 cuya otra entrada 76 está unida a la salida 52 de la memoria de fases 50. La salida 77 de este comparador de fase suministra una señal C_{cm} lógica que puede to-

mar dos estados, el estado lógico "1" cuando las dos señales U_C y U_m están en fase, o el estado lógico "0" si las dos señales están en oposición de fase.

De este modo, las tres salidas 56, 63, 77 que suministran las señales C_P , C_M y C_{cm} están unidas, respectivamente, a las tres entradas 78, 79 y 80 de un comparador lógico 81 que suministra su salida 82 una señal C_D . Este comparador 81 efectúa una comparación de las tres señales C_P , C_M y C_{cm} por aplicación de las operaciones siguientes:

$$C_P (\overline{C_{cm} \cdot C_M}) + \overline{C_P} (C_{cm} \cdot C_M) = C_D$$

La notación lógica convencional es utilizada con los significados siguientes:

$$\begin{aligned} \overline{X} &= \text{inversa de la señal } X \\ X \cdot Y &= X \text{ e } Y \\ X + Y &= X \text{ O } Y \end{aligned}$$

Este ejemplo de realización de un relé direccional comprende el contador de fases 75 que compara la fase de las señales que representan U_C y U_m . Pero, como se ha dicho anteriormente, estas dos señales están en fase o en oposición de fase, pero están siempre en cuadratura con la señal que representa la corriente I. Entonces, en este caso, el comparador podría ser también un comparador de fase entre las señales que representan U_C e I y entonces la señal C_{cm} sería igual a $(C_P C_{CI} + \overline{C_P} \overline{C_{CI}})$ siendo C_{CI} la señal que se obtendría en la salida del comparador de fase

entre U_G e I , que toma el valor 1 cuando U_G está en avance sobre I y el valor 0 en el caso contrario. El comparador lógico 80 efectuaría, pues, en este último caso, la comparación de las señales C_P , C_{CM} y C_{CI} por aplicación de la fórmula:

$$C_P (C_P \cdot C_{CI} + \overline{C_P \cdot C_{CI}}) C_M + C_P (C_P \cdot C_{CI} + \overline{C_P \cdot C_{CI}}) C_M = C_D \quad (II)$$

La figura 6 con sus dos partes A y B ilustra un caso concreto de un defecto D aguas abajo con relación a un punto P sobre una línea compensada por un condensador γ y que presenta una impedancia Z_s . Debido a la presencia del condensador γ , la tensión en el punto A presenta una sobretensión, lo que origina que el módulo U_G sea mayor que el módulo de U_m , pero por el contrario, las dos tensiones están en fase y en retardo de 90° con relación al vector corriente; los diferentes vectores U_G , U_m e I están representados en la figura 6 B. En las condiciones definidas más arriba, las señales C_P , C_M y C_{cm} tendrán entonces los valores lógicos respectivos "0", "1" y "1". Estos valores, trasladados a la fórmula de comparación (I) darán el resultado:

$$C_D = 0. (\overline{1.1}) \# 1 (1 . 1) = 1$$

En definitiva, teniendo C_D el valor lógico 1, determina la presencia de un defecto aguas abajo del punto P, mientras que todos los demás relés direccionales conocidos hasta ahora habrían indicado seguramente en este caso de defecto la presencia de un defecto aguas arriba.

Naturalmente, a este relé direccional según la figura 5, debe estar asociado un detector de defecto 83 alimentado por sus dos entradas 84 y 85, respectivamente, por señales que representan U e I, y que suministran en su salida 86 una señal que confirma la presencia de un defecto en la red. Estando unida esta salida, por ejemplo, según la técnica adaptada, a las entradas de mando de la memoria 50, de la memoria del módulo 57 del órgano de comparación 81 y a la segunda entrada 87 de un circuito lógico de validación 88 cuya segunda entrada 89 está unida a la salida 82 del comparador 81.

Todos los modos de realización de relé direccional que han sido descritos más arriba permiten dar buenos resultados en todos los tipos de líneas a vigilar, pero sobre todo permiten resolver el problema que se planteaba para la vigilancia de las líneas compensadas por condensadores. En efecto, constituyen relés que dan informaciones direccionales correctas en el caso de las líneas compensadas, incluso cuando el condensador está colocado al comienzo de línea.

En efecto, estos modos de realización pueden resolver estos problemas, porque miden exclusivamente la impedancia que se encuentra aguas arriba con relación al defecto y en el punto de medida, y porque esta impedancia aguas arriba está constituida por elementos sanos de la red, es decir, no afectados por un defecto, y porque es siempre de dominante de autoinducción, incluso cuando comprende un condensador de compensación, porque como se ha dicho, el índice de compensación no rebasa generalmente el 70%.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 3, los resultados obtenidos pueden explicarse como se indica a continuación:

En primer lugar, se expone, para la claridad de la demostración, que:

V_D es la tensión en el punto de defecto D antes del defecto,

U_m la tensión en el punto 4 antes del defecto,

U la tensión en el punto 4, cuando la red está afectada por un defecto,

I_m la corriente de carga de la línea antes del defecto,

J_D la corriente real en el defecto 8,

I_D la componente de corriente de defecto "vista" en el punto de medida 4,

Z_D la impedancia resultante de la red vista desde el punto en defecto 7;

R_D la resistencia del defecto 8,

Z_A la impedancia aguas arriba en el punto 4,

Z la impedancia de la línea entre los puntos 4 y 7, y

Z_B la impedancia comprendida entre el punto 7 y el extremo 5 de la línea 3.

Esta corriente I total vista en el punto 4 después del defecto es, pues, igual a:

$$I_D + I_m = I \quad \text{(III)}$$

Las relaciones fundamentales en las líneas son:

$$J_D = \frac{V_D}{Z_D + R_D} \quad (\text{IV})$$

$$Z_D = \frac{(Z_A + Z) Z_B}{Z_A + Z + Z_B} \quad (\text{V})$$

$$y: I_D = J_D \frac{Z_B}{Z_A + Z + Z_B} = \frac{V_D}{Z_D + R_D} \cdot \frac{Z_B}{Z_A + Z + Z_B} \quad (\text{VI})$$

$$U_m = V_D + Z I_m = J_D (Z_D + R_D) + Z I_m \quad (\text{VII})$$

$$y: U = IZ + J_D R_D = (I_D + I_m) Z + J_D R_D \quad (\text{VIII})$$

15 Estos diferentes modos de realizaciones que han sido descritos vuelven a estudiar la relación:

$$\frac{U - U_m}{I - I_m}$$

20 especialmente en los comparadores y, más particularmente de fases.

25 Así, cuando se produce un defecto aguas abajo del punto de medida 4 de las relaciones precedentes, la diferencia $U - U_m$ es igual a $I_D Z - J_D Z_D$.

En consecuencia, la relación:

$$\frac{U - U_m}{I - I_m} = \frac{U - U_m}{I_D} = Z - \frac{J_D}{I_D} Z_D$$

30

pero $Z = \frac{J_D}{I_D} Z_D$, teniendo en cuenta las ecuaciones (V) y

(VI) es igual a:

$$Z = \frac{Z_A + Z + Z_B}{Z_B} \cdot \frac{(Z_A + Z) Z_B}{Z_A + Z + Z_B}$$

Lo que hace que:

$$\frac{U - U_m}{I - I_m} = Z - (Z_A + Z) = -Z_A$$

es decir, que esta relación es igual a un valor negativo de la impedancia aguas arriba en el punto 4.

Por el contrario, en el caso de un defecto aguas arriba, la relación

$$\frac{U - U_m}{U - I_m}$$

por un cálculo análogo, muestra que es igual a

$Z + Z_B$, es decir, de hecho, la impedancia aguas abajo del punto de medida.

En conclusión, dado que en el caso de un defecto aguas abajo el resultado de la relación da un valor negativo de la impedancia aguas arriba y en el del defecto aguas arriba el valor de la impedancia aguas abajo, y que estas impedancias son siempre conocidas para líneas a vigilar, hasta comparar los argumentos de estas relaciones complejas con relación a un argumento de referencia predeterminado, para determinar un defecto aguas arriba o un defecto aguas abajo.

Como se ha explicado más arriba, se puede considerar con frecuencia que I_m es pequeño ante I y despre-

ciarlo. Igualmente se puede sustituir U por $U_c = U - ZcI$ para eliminar los casos de "zonas muertas" de modo que la detección de la dirección del defecto equivale a una comparación de las fases de $U_c - U_m$ y de I . Si $U_c - U_m$ está en avance sobre la corriente I , la relación compleja $\frac{U_c - U_m}{I}$ es de signo positivo y el defecto está aguas arriba del punto de medida 4.

Si $U_c - U_m$ está en retardo sobre la corriente I , la relación $\frac{U_c - U_m}{I}$ es negativa y el defecto está aguas abajo.

En el caso de impedancias puramente reactivas, se verifica, por ejemplo, con ayuda de gráficos del tipo presentado en la figura 6B, que se puede efectuar esta comparación de las fases combinando señales lógicas tales como C_p , C_M y C_m según la ecuación lógica (I) anterior, para obtener un valor de $CD = 1$, que indica un defecto aguas abajo, si $U_c - U_m$ está en retardo sobre la corriente I (caso de la figura 6B) y un valor $CD = 0$, que indica un defecto aguas arriba, en el caso contrario.

Una propiedad notable de los relés direccionales según el invento, es la eliminación total de la influencia de la corriente de carga y de la resistencia de defecto que podrían alterar la calidad de la detección direccional de los relés direccionales clásicos conocidos hasta ahora.

Hay que precisar también que estos relés direccionales según el invento se pueden aplicar, naturalmente, a un sistema trifásico. Estos relés recibirían entonces, respectivamente, las magnitudes U , U_m ; I , I_m en

- cualesquiera combinaciones homólogas de tensiones y de corrientes, tales como:

- Magnitudes de fase: tensión simple fase tierra U_{am}
corriente de fase I_a

5 - Magnitudes entre fases: tensión entre fases U_{ab}
corriente compuesta ($I_a - I_b$)

- Magnitudes de componentes directas:

componente directa de las tensiones U_d

componente directa de las corrientes I_d .

10 O incluso cualesquiera otras combinaciones homólogas en tensiones y corrientes de las magnitudes de fases o de las componentes simétricas, directa, inversa y homopolar.

15 Finalmente, los modos de realización descritos han sido dados a título de ejemplo no limitativo y pueden igualmente utilizar medios de medida analógicos y circuitos "memorias" realizados por osciladores subordinados, pero también medios de medidas numéricas muestreadas; las "memorias" serían realizadas entonces por el equivalente
20 de una línea de retardo, utilizando un registro de deslizamiento de los valores numéricos de las muestras de tensión y corriente que preceden a la aparición del defecto.

25

30

1

REIVINDICACIONES

5

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10

1ª.- Relé direccional para la vigilancia de al menos una línea de transporte de energía eléctrica alterna y que permite determinar si un defecto que afecta a esta línea se encuentra aguas arriba o aguas abajo de un punto de medida orientados sobre dicha línea, caracterizado porque incluye primeros medios apropiados para elaborar una primera señal función, a la vez, de un valor de la tensión compleja O de la línea en el punto de medida después de la aparición del defecto, y de un valor de la tensión compleja U_m de la línea en el punto de medida antes de la aparición del defecto, segundos medios apropiados para elaborar una segunda señal función de una magnitud característica medida sobre la línea, y terceros medios para combinar la primera y segunda señales.

15

20

25

2ª.- Relé según la reivindicación 1ª, caracterizado porque la primera señal es función de la diferencia entre las tensiones complejas U y U_m .

30

3ª.- Relé según una de las reivindicaciones 1ª y 2ª, caracterizado porque dicha magnitud característica es el valor de la corriente compleja I en el punto de medida después de la aparición del defecto.

13078

1 -ción del defecto y un circuito que forma al menos un parámetro característico función de la diferencia compleja de las corrientes I e I_m .

5 10ª.- Relé según una de las reivindicaciones 1ª a 9ª, caracterizado porque los terceros medios comprenden un comparador de argumento de la primera y segunda señales.

10 11ª.- Relé según una de las reivindicaciones 1ª a 7ª, caracterizado porque los primeros medios incluyen una memoria de argumento de la tensión U_m y una memoria de módulo de esta tensión.

15 12ª.- Relé según la reivindicación 11ª, caracterizado porque los primeros medios incluyen, además, medios para producir una señal resultante de la comparación de argumentos de funciones de U_m y de U , y medios que suministran una señal resultante de la comparación de los módulos de funciones de U y de U_m .

20 13ª.- Relé según las reivindicaciones 5ª y 12ª, caracterizado porque los medios para suministrar dichas señales que resultan de la comparación de los argumentos y de los módulos son aptos para suministrar una señal que resulta de las comparaciones respectivas de los argumentos y de los módulos de U_m y de un valor de U compensado por un término función de I .

25 14ª.- Relé según las reivindicaciones 12ª y 13ª, caracterizado porque los medios para producir una señal resultante de la comparación de los argumentos comprenden medios para comparar los argumentos de una función de la tensión U y del argumento de la corriente I , en el caso en que este último está unido al argumento de U_m por

30

13078

1 una relación conocida.

5 15ª.- Relé según una de las reivindicaciones 1ª a 11ª, caracterizado porque los primeros medios incluyen medios para producir una primera señal binaria C_M en respuesta a una comparación de módulos funciones de las tensiones U y U_m , y medios para producir una segunda señal binaria C_{cm} en respuesta a una comparación de argumentos unidos a los argumentos de U y de U_m por una relación funcional, y los segundos medios incluyen medios para producir una tercera señal binaria C_P función de la corriente I , siendo los terceros medios aptos para combinar dichas primera, segunda y tercera señales binarias, para producir una indicación de la dirección del defecto.

15 16ª.- Relé según la reivindicación 15ª, caracterizado porque la tercera señal binaria C_P es el resultado de una comparación de los argumentos de la corriente I y de la tensión U_m .

20 17ª.- Relé según la reivindicación 16ª, caracterizado porque los terceros medios están destinados a combinar la primera, segunda y tercera señales binarias para producir una señal según la fórmula:

$$C_P (\overline{C_m \cdot C_M}) + C_P (C_{cm} \cdot C_M) = C_D$$

indicando C_D si el defecto está aguas abajo o aguas arriba del punto de medida.

25 30 18ª.- Relé según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque incluye, además, por lo menos un circuito de validación de las señales suministradas por dichos medios, teniendo dicho circuito de validación por lo menos una entrada acoplada a un detector de defectos.

19^a.- Relé direccional para la vigilancia de al menos una línea de transporte de energía eléctrica alterna.

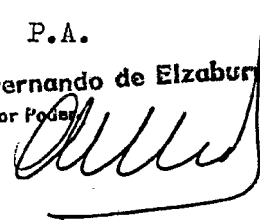
5 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y cuatro hojas escritas a máquina por una sola cara.

10

Madrid, 23.OCT.1978

P.A.

Fernando de Elizaburu
Por Poder

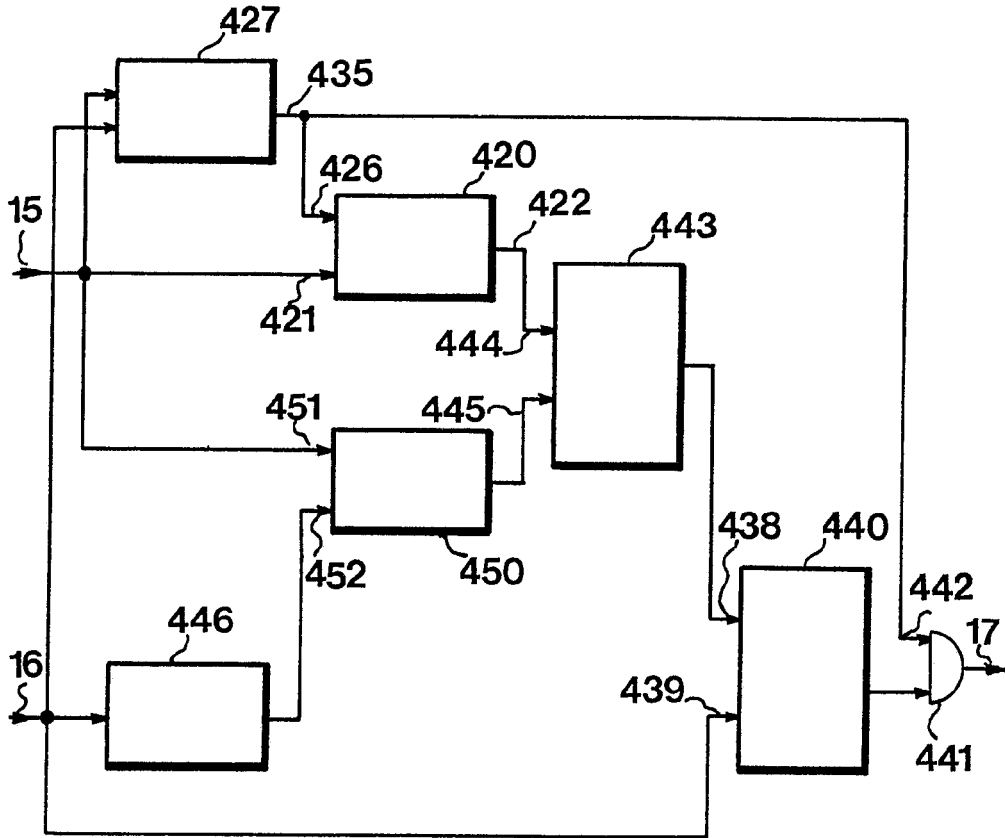
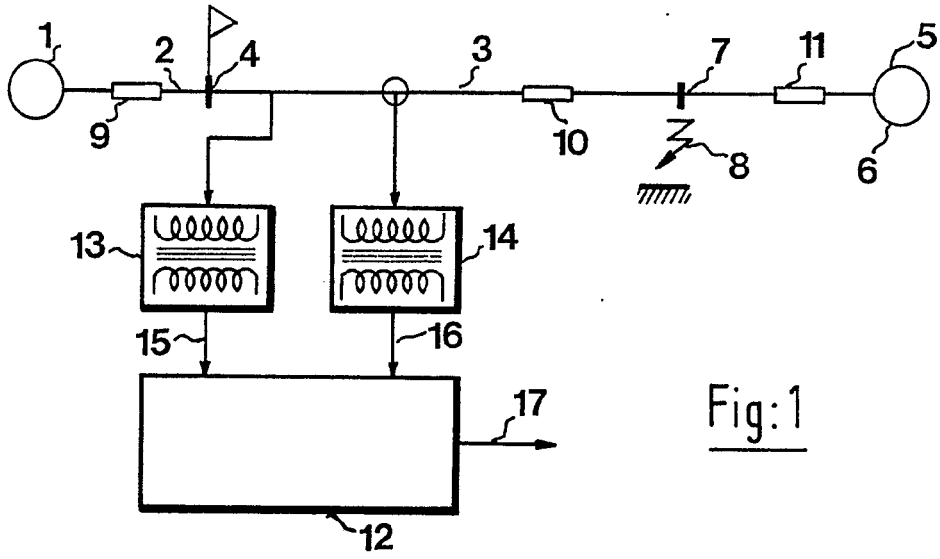
15

20

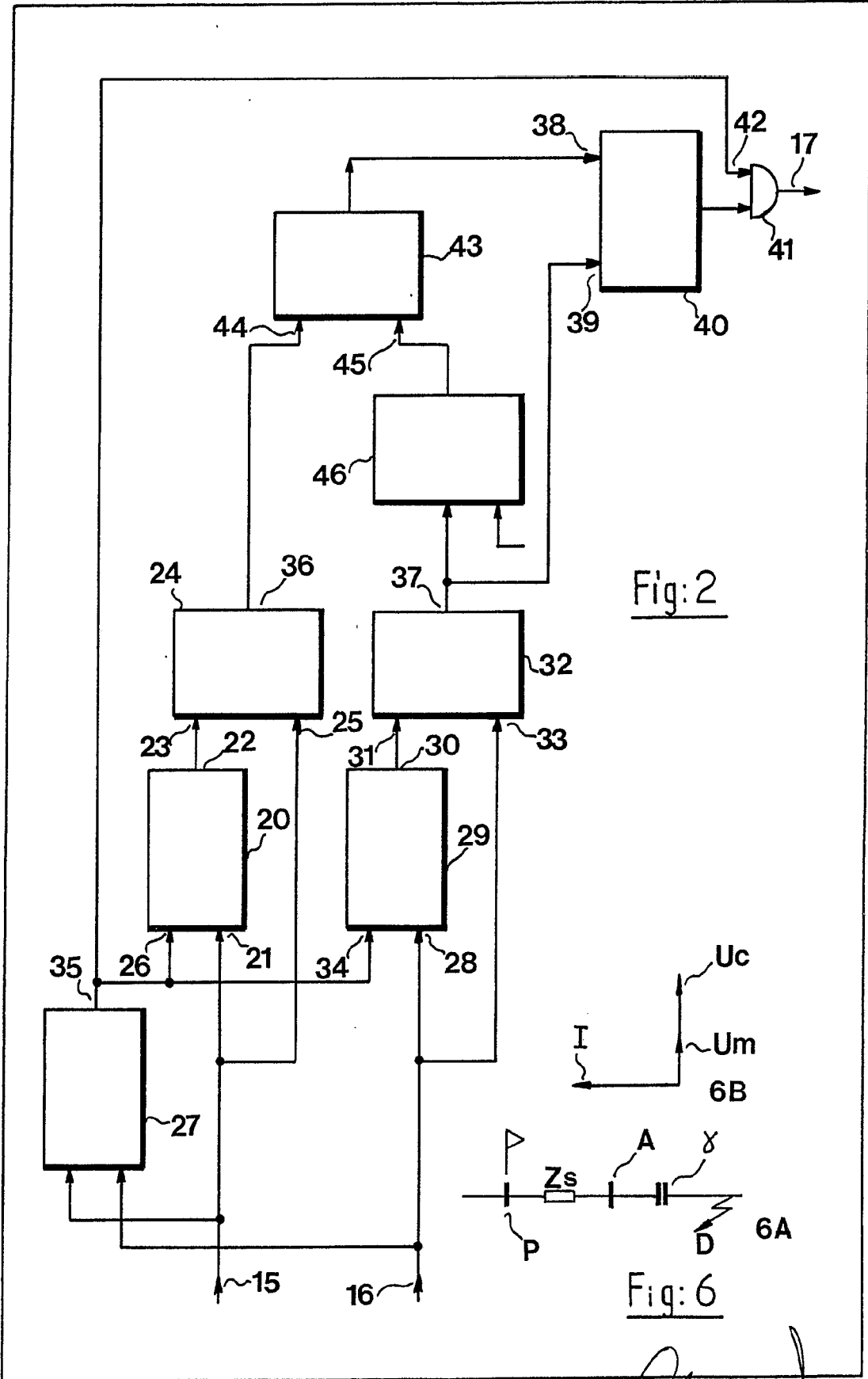
25

30

MCS/.



Fernando de Gizaburu
Por Poder



Fernando de Foz
Por Feder.

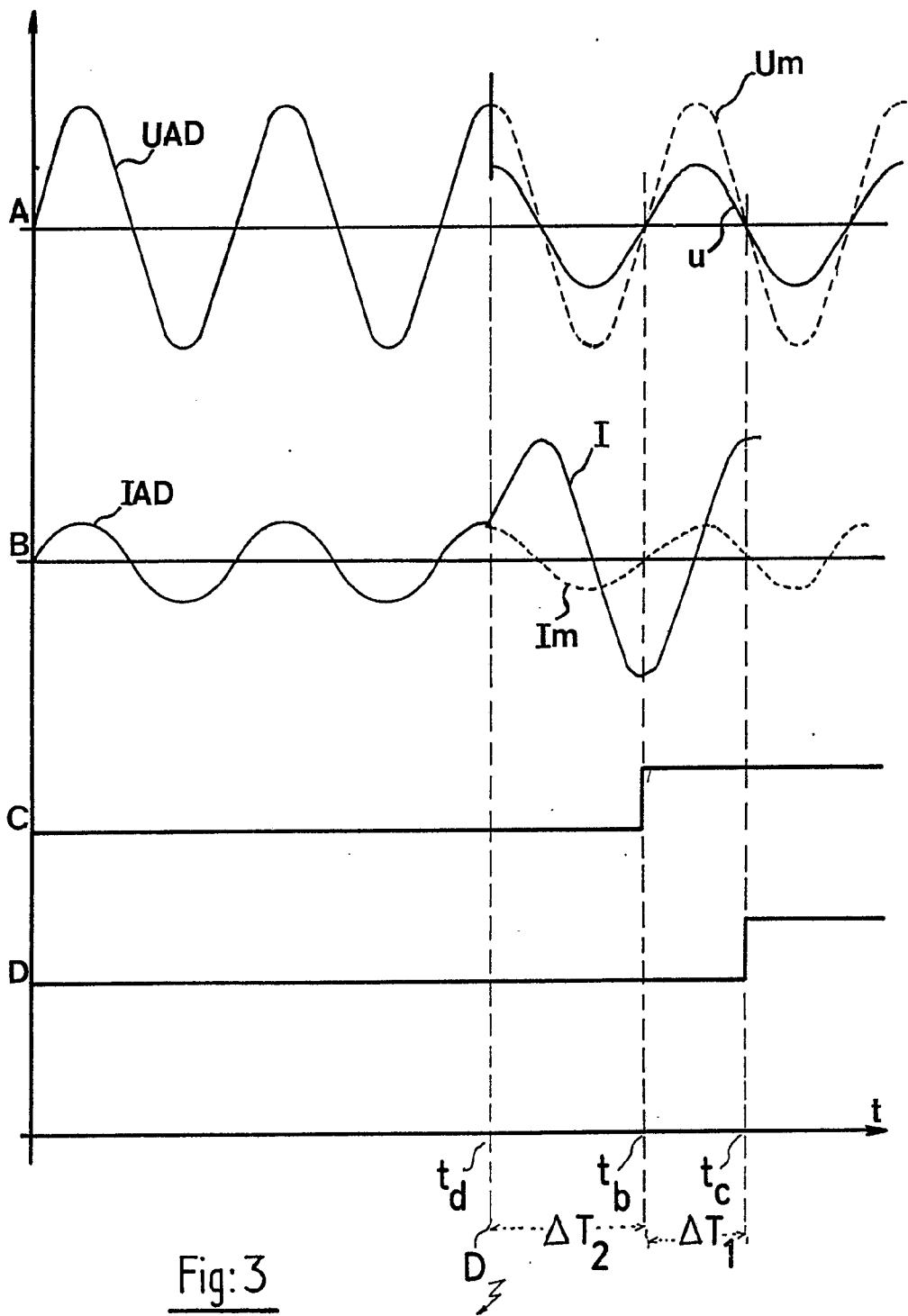


Fig:3

Fernando de Eizabera
Por Poder
[Signature]

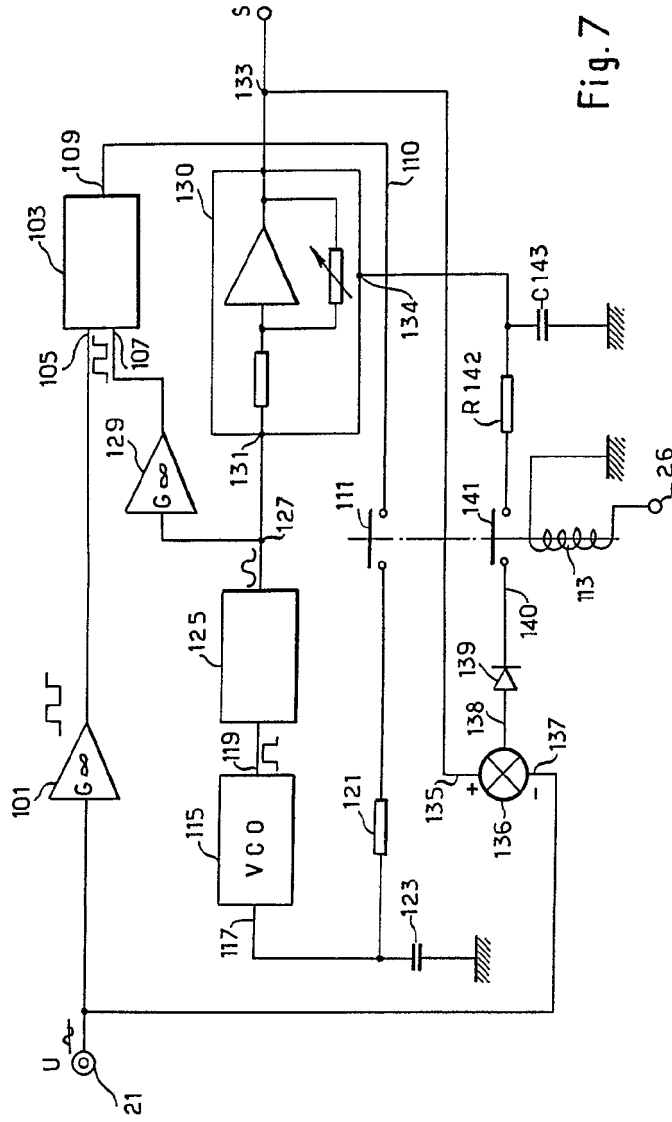
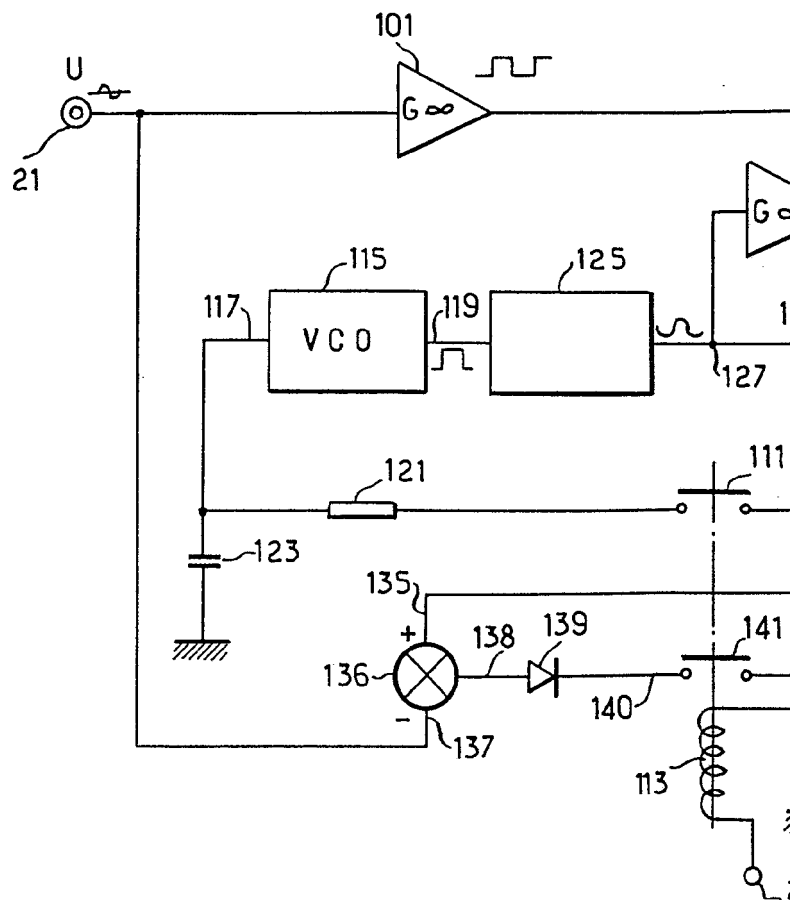


Fig.7

Projeto de Engenharia
[Signature]



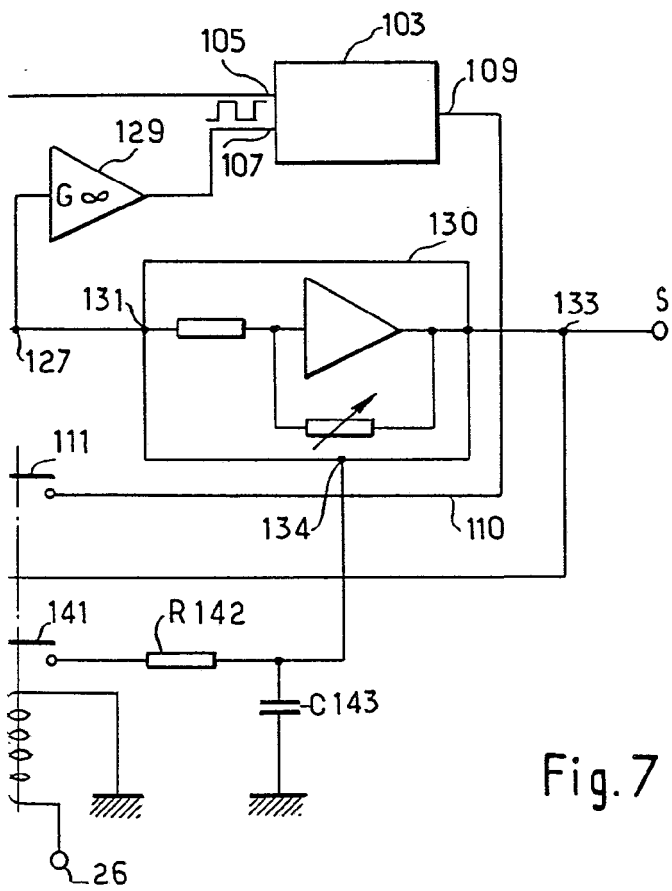


Fig.7

Arquitecto de Eizaburo
[Signature]