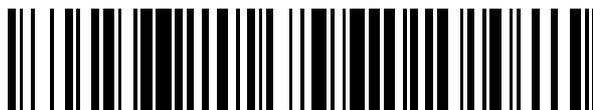


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 849**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/02** (2006.01)

**G01R 31/08** (2006.01)

**G01R 27/18** (2006.01)

**H02H 3/17** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2008** **E 08354033 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018** **EP 2006694**

54 Título: **Dispositivo de control y de medición de aislamiento localizado para red eléctrica de neutro aislado**

30 Prioridad:

**21.06.2007 FR 0704426**

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

**01.06.2018**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS  
(100.0%)  
35 RUE JOSEPH MONIER  
92500 RUEIL-MALMAISON, FR**

72 Inventor/es:

**VINCENT, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 670 849 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo de control y de medición de aislamiento localizado para red eléctrica de neutro aislado

### Campo técnico

- 5 La invención se refiere a un dispositivo de control y de medición de aislamiento, más comúnmente denominado "controlador permanente de aislamiento" y conocido con el acrónimo CPI, para una red de distribución eléctrica de neutro aislado que comprende derivaciones. La invención se refiere más particularmente a la localización de las fallas de fuga y a la determinación de su impedancia.

### Estado de la técnica

- 10 Haciendo referencia a la figura 1, un transformador 1 trifásico alimenta de energía eléctrica alternativa las tres barras de distribución de una red 2; la red 2 principal proporciona energía eléctrica con una impedancia de carga  $Z$ , así como varias impedancias de uso  $Z_j$  conectadas cada una en una derivación trifásica  $D_j$  ( $j = 1 \rightarrow p$ ) de la red 2 principal. La red 2 se llama "de neutro aislado", es decir, que las impedancias de carga  $Z$  y de uso  $Z_j$  se conectan entre una fase y el neutro  $N$  o entre fases, y no en relación con la tierra.

- 15 Puede ocurrir que una de las impedancias de carga o de uso, aquí al nivel de la derivación  $D_p$ , presenta una falla 4 de aislamiento en relación con la tierra, que se traduce por la presencia dañina de una impedancia de falla  $Z_d$  entre al menos uno de los tres cables de fase y la tierra; una impedancia de falla  $Z_d$  se esquematiza por lo general por un circuito adicional que comprende una resistencia  $R_d$  en paralelo con una capacidad  $C_d$ .

- 20 Para detectar y medir la presencia de este tipo de fuga, un controlador permanente de aislamiento, o CPI, 6 se conecta en serie con una resistencia de medición  $R_m$ , por ejemplo, entre el neutro aislado  $N$  y la tierra; inyecta en la red 2 de alimentación una tensión alternativa  $U_0$  de frecuencia diferente y normalmente inferior a la frecuencia  $F_0$  de la corriente de alimentación. En presencia de la falla 4 de aislamiento, la inyección en la red 2 de la tensión  $U_0$  provoca la circulación de una corriente de fuga  $I_f$ , en la frecuencia de la tensión inyectada  $U_0$ , en la impedancia de falla  $Z_d$  que se enlaza hacia el CPI 6 a través de la tierra y la resistencia de medición  $R_m$ . De hecho, la(s) falla(s) puede(n) esquematizarse por la presencia de una impedancia de fuga  $Z_f$  al nivel del CPI 6 en el neutro  $N$ .

- 25 El CPI 6 comprende normalmente medios adaptados, por ejemplo, por desmodulación síncrona y por determinación de la parte real e imaginaria de los vectores representativos de la tensión inyectada  $U_0$  y de la corriente de fuga  $I_f$ , para determinar los valores de la resistencia  $R_f$  y de la capacidad  $C_f$  de fuga. Un ejemplo se da en el documento FR 2.647.220.

- 30 Además, puede ser importante localizar y determinar la falla 4 detectada al nivel central por el CPI 6; el perfecto conocimiento de la falla 4 y de sus características  $R_d$ ,  $C_d$  permite adaptar su corrección, sin presumir que la falla 4 es resistente por naturaleza (tal como se presenta en el documento DE 101 435 95). De esta manera, se propuso en el documento FR 2.676.821, colocar en cada una de las derivaciones  $D_j$  medios  $8_j$  de medición de la corriente de falla local  $I_d$ , es decir, de la corriente que resulta de la suma de las corrientes de fase, atravesando la derivación  $D_j$  y provocada por la señal alternativa inyectada en la red 2 por el CPI 6; por ejemplo, un transformador de medida de intensidad de toro  $8_j$  se coloca alrededor de todos los conductores de cada una de las derivaciones  $D_j$  y su señal de medición se comunica con medios 10 de procesamiento y cálculo, también llamado localizador, a través de una línea  $12_j$ . Un procesamiento para por desmodulación o detección síncrona de la intensidad medida  $I_d$  en función de la señal inyectada  $U_0$  permite determinar el valor  $Z_d$  de la impedancia local de fuga; para este fin, se envía una señal de sincronización por el CPI 6 al localizador 10, mediante una conexión síncrona adaptada, generalmente un bus 14 de comunicación.

- 40 Este sistema da buenos resultados. No obstante, si implementación es pesada, en particular, debido a la indispensable sincronización entre la medición local de la corriente de fuga  $I_d$  y la inyección central de la tensión  $U_0$ ; las conexiones 14, obligatoriamente síncronas, que permiten la comunicación al localizador 10 de los datos desmodulados de la tensión inyectada  $U_0$  complican la colocación de los CPI 6 y el localizador 10, en particular, durante la manipulación de las derivaciones  $D_j$  y de su distancia relativa.

- 45 Los documentos DE 103 07 972 A1 o JP 2007 071774 A o EP 0 593 007 A2 desvelan un dispositivo de medición según el preámbulo de la reivindicación 1.

### Descripción de la invención

- 50 Entre otras ventajas, la invención se dirige a paliar los inconvenientes de los sistemas de localización de fallas de fuga existentes, y, en particular, aligerar la implementación de un dispositivo de medición local de una impedancia de fuga por supresión de los bus de comunicación.

En un aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de control y de medición del aislamiento de una derivación de una red eléctrica de neutro aislado que comprende medios para inyectar una señal de corriente alterna de una primera frecuencia en la red. Ventajosamente, los medios de inyección forman parte de un controlador permanente

de aislamiento que comprende también medios para medir la intensidad de fuga que circula ahí y determinar la impedancia de fuga al nivel del controlador. Los medios de inyección también son capaces de inyectar, en particular, simultáneamente, al menos una señal de corriente alterna de una segunda frecuencia en la red; ventajosamente, las diferentes frecuencias de inyección son múltiplos entre sí; preferentemente, se trata de submúltiplos de la frecuencia propia de la red cuando ésta se alimenta por una corriente alternativa, monofásica o trifásica.

El dispositivo de control y medición según la invención comprende, además, colocados en la derivación que se controlará, medios de medición de la corriente de falla y medios de medición de la tensión de falla; los medios de medición de la corriente de falla comprenden, en particular, un toro de detección que rodea la línea de alimentación de la derivación (por ejemplo, fases y/o neutro). Ventajosamente, las mediciones son simultáneas y los medios de medición se calibran por determinación de su ganancia y su fase, por ejemplo, de manera regular, con el fin de liberarse de sus parámetros. Preferentemente, los medios de medición de la corriente y de la tensión de falla se adaptan para medir simultáneamente la corriente y la tensión en varias frecuencias, que corresponden a las diferentes frecuencias de corriente inyectada.

Las mediciones de la corriente y de la tensión realizadas en el conjunto de la derivación se transmiten a un sistema de procesamiento del dispositivo según la invención. El sistema de procesamiento permite la determinación de la impedancia de falla en función de la tensión y de la corriente de la primera frecuencia, y posiblemente de las otras frecuencias inyectadas. Los medios de determinación dependen de la información deseada, según un primer modo de realización preferente, el sistema de determinación comprende de medios de evaluación de la naturaleza de la impedancia de falla en función de la relación entre las amplitudes de la tensión y de la corriente de defecto en la primera frecuencia y en una segunda frecuencia. El dispositivo según la invención comprende, además, medios de servocontrol de la tensión inyectada para tener una amplitud de la tensión de falla en la derivación constante independientemente de la frecuencia de inyección; por lo tanto, ya no es necesario medirla.

Cuando la red comprende varias derivaciones, el dispositivo según la invención puede comprender, en cada derivación que controlará, medios de medición de la corriente y de la tensión de la derivación, ventajosamente idénticos pero que puede consistir también en diferentes alternativas. El sistema de procesamiento puede, entonces, multiplicarse y comprender medios de determinación de una impedancia local para cada derivación, o centralizado y comprende medios de determinación de cada impedancia.

Según un modo de realización, los medios de conexión entre el controlador permanente de aislamiento y el(los) sistema(s) de determinación de la impedancia de falla local permiten una transferencia de información y/o resultados.

Según otro aspecto, la invención se refiere a una red eléctrica provista de derivaciones que comprenden un dispositivo para controlar y medir el aislamiento local de las derivaciones tal como se presentó anteriormente. La invención también se refiere a una instalación que comprende una pluralidad de redes acopladas por dispositivos de corte, comprendiendo varias de estas subredes controladores permanentes de aislamiento y uno de entre ellos proveyéndose al menos de un dispositivo de medición y control tal como se definió anteriormente.

### **Breve descripción de las figuras**

Otras ventajas y características surgirán más claramente de la siguiente descripción de modos de realizaciones particulares de la invención, proporcionados para ilustrar y de ninguna manera para limitar, que se representan en las figuras adjuntas.

La figura 1, ya descrita, ilustra el funcionamiento de un controlador de aislamiento en una red existente.

La figura 2 muestra un dispositivo de control y medición según un modo de realización preferente de la invención.

La figura 3 representa esquemáticamente una calibración recomendada en un modo de realización preferente de la invención.

Las figuras 4A y 4B muestran modelos para las impedancias de fuga.

La figura 5 ilustra una red según otro modo de realización preferente de la invención.

### **Descripción detallada de un modo de realización preferente**

El dispositivo según la invención puede adoptar los mismos elementos en cuanto al CPI 6 que el dispositivo presentado anteriormente en relación con la figura 1; el experto en la materia también podrá reemplazar este CPI por otros equivalentes conocidos y comercializados.

Según un modo de realización preferente de la invención, una red 20 se asocia a un CPI 22 que comprende medios 24 para generar e inyectar una señal de corriente alternativa de una primera frecuencia  $f_1$  en la red 20, preferentemente al nivel del neutro. Generalmente, y aunque estos elementos no sean indispensables para la invención, el CPI 22 comprende medios 26 conocidos para detectar y/o medir la intensidad  $I_f$  de la corriente generada en la primera frecuencia  $f_1$  al su nivel; el CPI 22 comprende también medios de determinación, incluso de

visualización, 28 de la impedancia de fuga general  $Z_f$  de la red 20 gracias al conocimiento de la tensión inyectada  $U_0$ .

Para una red de alimentación trifásica de frecuencia propia  $F_0$ , ventajosamente, la primera frecuencia  $f_1$  es un submúltiplo de la frecuencia propia  $F_0$  con el fin de simplificar la detección de la respuesta y la desmodulación síncrona; en particular, para una red que funciona a  $F_0 = 50$  Hz, la primera frecuencia  $f_1$  puede ser de 1,25 Hz, 2,5 Hz, 5 Hz o 10 Hz. La elección depende del compromiso entre potencia y detección conocidos por el experto en la materia. En particular, ciertas redes 20 constan de perturbaciones importantes de muy baja frecuencia con un espectro muy amplio, del cual es preferente desviarse para  $f_1$  con el fin de obtener mediciones fiables, por ejemplo, un horno controlado por un tren de pulsos de 100 ms cada segundo genera rayas cada Hertz.

Según una opción, un análisis espectral realizado por medio de una transformada de Fourier rápida (FFT) discreta sin señal de inyección permite determinar las perturbaciones presentes en la red 20 y, así, evitar seleccionar una frecuencia de inyección  $f_1$  que estaría cerca; ventajosamente, para garantizar un buen funcionamiento, la FFT se reconduce periódicamente. Por otra parte, los medios 26, 28 de determinación y/o medición implementan, en la adquisición de cada muestra, preferentemente, un filtrado digital paso banda centrado en la frecuencia de inyección  $f_1$  con el fin de no ser susceptible a un espectro de varias rayas cercanas unas de otras.

La red 20 a la que se aplica el dispositivo 30 de control y de medición según la invención comprende al menos una derivación D. Con el fin de localizar una impedancia de falla  $Z_d$  posible de esta derivación D, según la invención, la intensidad  $I_d$  y la tensión  $U_d$  de la corriente que circula ahí, y resultante de la inyección por los medios 24 del CPI 22, se miden de manera local. A diferencia de lo que se describe, por ejemplo, en el documento US 5.495.384, la intensidad  $I_d$  medida se refiere a la corriente de falla, es decir, el resultado del conjunto de conectores de la derivación D, no se trata de medir la intensidad que circula en cada fase, sino la intensidad de la línea, infinitamente más débil; en particular, la medición de las corrientes en tres conductores de una línea trifásica no se adapta a la medición de una corriente de falla.

Para este fin, en la derivación D se encuentran medios 32 para medir la corriente de falla  $I_d$  en la primera frecuencia  $f_1$ , en particular, un toro 34 de detección, que rodea el conjunto de los conductores de alimentación de la derivación D, que se asocia a un circuito 36 de medición de tipo clásico; además, en la derivación D, se colocan medios 38 de medición de la tensión en la primera frecuencia  $f_1$ , aquí de nuevo para el conjunto de la línea. Los resultados  $I_d$ ,  $U_d$  se envían a un sistema 40 de procesamiento.

Ciertamente, una medición en el mismo lugar de la tensión y de la corriente, tal como se eligió en la solución según la invención, parece un paso evidente. No obstante, este tipo de determinación no se ha aplicado para dispositivos 30 que permiten la localización de las impedancias de fuga, no en derivaciones. De hecho, la doble medición y sus inconvenientes inherentes, en particular, el desfase introducido por el toro de detección de la corriente que afecta a la determinación de la tensión, se evitaron y el experto en la materia utilizaba, para la transferencia de parámetros de sincronización, el cableado implícito de la localización, que conduce generalmente a la transferencia de los resultados hacia una unidad central.

En un modo de realización particularmente preferente que permite, además, acelerar la medición, ilustrado en la figura 2, las mediciones de la corriente y de la tensión son simultáneas y se realizan en paralelo por dos cadenas distintas, que comprenden generalmente un filtrado y una amplificación; preferentemente, esta solución también se elige al nivel de los medios de medición 26 del CPI 22 inyector.

Esta elección recomendada por la invención implica modificaciones, *a priori* redhibitorias para el experto en la materia, en los protocolos de cálculo con el fin de compensar el hecho de que se utilizan dos cadenas de medición, en particular, para liberar parámetros de sus componentes y del desfase inherente entre los valores de  $I_d$  y  $U_d$ . Para este fin, se realiza previamente una calibración, una impedancia de calibración  $Z_{et}$ , resistencia pura  $R_{et}$  o en paralelo con la capacidad  $C_{et}$ , cuyas características se determinan con precisión y estabilidad en el tiempo, se coloca en el circuito correspondiente tal como se ilustra en la figura 3.

En un primer momento de calibración, el CPI 22 inyecta la tensión  $U_0$  en la impedancia de calibración  $Z_{et}$  y no en la red 20 (respectivamente la derivación D), por ejemplo, por medio de un interruptor o de un relé; preferentemente, si se utiliza un toro 34 de medición, sus características se tienen en cuenta también durante la calibración gracias a un dispositivo 41 de simulación de los sensores de corriente (toro 34 e interfaz 34' asociada); el dispositivo 41 de simulación puede tomar naturalmente otras formas diferentes a la asociación de resistencias ilustrada, en particular, un toro de características idénticas al toro de medición 34. También es posible medir la ganancia  $G$  y la fase  $P$  en la primera frecuencia  $f_1$  (de pulsación para las cadenas 32, 38 de medición):

$$(G+j \cdot P) \cdot (I_r+j \cdot I_i)=(1/R_{et}+j \cdot \omega_1 \cdot C_{et}) \cdot (U_r+j \cdot U_i),$$

con  $j^2 = -1$ ,  $I_i$  y  $I_r$  (respectivamente  $U_i$  y  $U_r$ ) parte real e imaginaria de  $L$  (respectivamente  $U$ ). Una vez terminada la calibración, es decir, que  $G$  y  $P$  son casi constantes e iguales, el desfase  $P_m$  y la ganancia  $G_m$  determinados así de las cadenas 32, 38 de medición se utilizan como parámetros en las determinaciones de  $Z_d$  con  $U_d$  y  $I_d$  (o de  $Z_f$  con  $U_0$  y  $I_0$ , gracias a dos mediciones simultáneas de la tensión y de la corriente de fallas al nivel de la derivación:

$$1/R_d+j \cdot \omega_1 \cdot C_d=(G_m+j \cdot P_m) \cdot (L_d+r+j \cdot I_d i)/(U_d+r+j \cdot U_d i) \quad (1)$$

Gracias a esta calibración, una precisión de  $\pm 20\%$  en las cadenas 32, 38 de medición es suficiente. Cabe señalar que el buen funcionamiento del producto puede verificarse, además, por este control de la ganancia y de la fase. También se puede prever realizar calibraciones automáticas de forma cíclica para tener en cuenta las modificaciones de las cadenas de medición en función de la temperatura.

5 Tal como se presenta en la ecuación (1), la determinación de la impedancia  $Z_d$  de fuga local se realiza por medio de dos mediciones, respectivamente de  $I_d$  y  $U_d$ , comunicadas al sistema 40 de procesamiento. El sistema 40b' de procesamiento puede ser local y asociarse a cada derivación; según otra opción 40a, el sistema 40 de determinación puede centralizarse para que los medios de determinación reciban las mediciones de varias derivaciones en paralelo (ver esquemas en la figura 5).

10 Si una simple indicación del valor (presencia) de la impedancia  $Z_d$  se desea, es posible determinar su módulo por la relación entre las amplitudes de  $U_d$  y  $I_d$  en la primera frecuencia  $f_1$ . No obstante, para no detectar falsas fallas, en particular, por ejemplo, en el caso de una salida de línea con una alta capacidad, es preferente conocer al menos el carácter, capacitivo o resistivo, de la impedancia de falla  $Z_d$ . De hecho, el ajuste del umbral de alarma de un CPI 22 depende de la capacidad de la red 20. Para esta determinación de la impedancia de falla local  $Z_d$  en cuanto a su naturaleza resistiva o capacitiva, una opción según la invención consiste en proceder con dos mediciones locales de  $U_d$  y  $I_d$  en dos frecuencias distintas  $f_1, f_2$ , de hecho, la resistencia no depende de la frecuencia, a diferencia de la capacidad, que está directamente correlacionada con ella.

Según un modo de realización, los medios 24 de inyección del CPI 22 según la invención son, de hecho, capaces de inyectar señales de corriente en una primera frecuencia  $f_1$  y una segunda frecuencia  $f_2$ , ventajosamente de manera simultánea; preferentemente, la segunda frecuencia  $f_2$  es un múltiplo de la primera frecuencia  $f_1$ , y, en particular, un múltiplo entero, con el fin de poder utilizar el periodo más largo como base de las mediciones (si el múltiplo entre las frecuencias de inyección no es entero, el periodo de adquisición se alargará para tener un número entero de periodos en  $f_1$  y  $f_2$ ). Los medios 32, 38 de medición locales del dispositivo 30 según la invención también son capaces de medir la intensidad  $I_d$  y la tensión  $U_d$  de falla en cada una de las dos frecuencias  $f_1, f_2$ . Siguiendo la evolución de la relación entre las amplitudes de  $U_d$  y  $I_d$  medidas en cada una de las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , puede obtenerse una indicación en cuanto a la naturaleza resistiva o capacitiva de la falla  $Z_d$ . En particular, si la relación doble para  $f_2 = 5$  Hz en relación con  $f_1 = 2,5$  Hz, entonces, la falla  $Z_d$  es puramente capacitiva (es decir, que no hay fuga); por el contrario, si la relación permanece idéntica independientemente de la frecuencia, la falla es puramente resistiva.

Para simplificar el procesamiento al nivel del localizador 40, es preferente que el generador 24 del CPI se adapte a la capacidad de la red en función de la frecuencia inyectada. De hecho, los componentes de alta frecuencia se atenúan más que los componentes de frecuencia menor, para conservar un mismo valor eficaz  $\|U_d\|$  en cada componente de frecuencia  $f_1, f_2$ , es ventajoso someter las tensiones de inyección  $U_0$  en cada frecuencia  $f_1, f_2$  de la señal de inyección para tener una amplitud de inyección  $\|U_0\|$  constante para cada armónico, independientemente de la capacidad de la red 20. La determinación de la naturaleza de la impedancia de ésta se facilita aún de este modo, sin ni siquiera medir la tensión  $U_d$  local, simplemente por el análisis de la corriente  $I_d$  que circula en la derivación, la comparación entre la relación de las dos frecuencias  $f_1/f_2$  de inyección y la relación entre las intensidades de  $I_d$  resultante de esto, permite verificar la naturaleza resistiva (si la relación de las intensidades es igual a la relación de las frecuencias) o capacitiva (si la relación de las intensidades es igual a 1). El dispositivo 30 de medición es entonces muy barato.

40 Es posible perfeccionar este resultado por medio de una tercera frecuencia  $f_3$ , en particular, para fallas que comprenden los dos componentes resistivo y capacitivo. Más generalmente, el CPI 22 genera una señal de tensión homopolar compuesta formada por la suma de  $n$  señales sinusoidales (preferentemente  $n = 3$ ). Ventajosamente, las inyecciones simultáneas se realizan con una diferencia de fases seleccionada para maximizar las señales.

En la mayoría de los casos, es preferente conocer las características de la impedancia  $Z_d$ , y, en particular, el valor de la resistencia  $R_d$  y de la capacidad  $C_d$  en paralelo. Para este fin, para resolver la ecuación (1), el sistema 40 de procesamiento del dispositivo 30 según la invención comprende ventajosamente medios 42 para determinar la parte real y la parte imaginaria de la relación entre tensión  $U_d$  e intensidad  $I_d$ ; preferentemente, estos medios 42 se adaptan para hacer una desmodulación síncrona, al final de una adquisición de mediciones, es decir, después de al menos un periodo  $1/f_1$  de la señal de inyección, cada muestra se multiplica por las funciones seno y coseno para tener la parte real e imaginaria de la señal. Como las dos mediciones de tensión y de intensidad se refieren a la misma derivación D, el sistema de referencia de desmodulación síncrona entre  $U_d$  y  $I_d$  es local, y no es necesario hacer referencia al sistema de referencia usado para el CPI 22; también por esta razón, es preferente operar mediante dos mediciones simultáneas. La medición local conjunta según la invención permite, de este modo, determinar la impedancia de aislamiento  $Z_d$  de una salida D sin ninguna conexión cableada con el CPI 22, únicamente por el sistema 40 de procesamiento y la ecuación (1), en particular, en el caso de una red 20 extendida, esta ausencia de bus de comunicación es interesante.

Los resultados obtenidos por el sistema 40 en cuanto a la naturaleza de la impedancia  $Z_d$  y/o sus características  $C_d, R_d$  pueden hacerse disponibles para el usuario de manera local, por ejemplo, mediante una pantalla 44, al nivel de cada dispositivo 30. En particular, en el caso donde varias derivaciones se controlan en al mismo tiempo, también es posible centralizar la información al nivel de un dispositivo 30 de localización particular, y/o de un sistema central de

tipo pantalla 46 de ordenador y/o al nivel 28 apropiado del CPI 22 inyector. También es posible, tal como se esquematiza en la figura 5, realizar el procesamiento mediante un sistema 40a, 40b de determinación para varias derivaciones. Los elementos 22, 40 relacionados se conectan mediante medios 48, 48' de comunicación adaptados, que luego solo sirven para la elevación de la información y no son necesarios para la medición, su realización es más simple que en la técnica anterior y todas las opciones conocidas son posibles (bus, red cableada, incluso comunicación inalámbrica).

Gracias al dispositivo 30 según la invención, la impedancia de falla  $Z_d$  puede, por lo tanto, determinarse de manera local y de forma precisa aligerando la arquitectura y la implementación de los componentes de supervisión de una red 20. Por otra parte, gracias a la elección según la invención, los resultados en  $Z_d$  son fiables incluso cuando la puesta a tierra de la derivación D no es uniforme con la tierra principal del CPI 22. De hecho, tal como se esquematiza en la figura 2, es común que los diferentes puntos de tomas de tierra se separen por una resistencia  $R_t$ . Según la invención, como las mediciones de  $I_d$  y de  $U_d$  son locales y, como el cálculo de la impedancia  $Z_d$  se efectúa sin referencia a las características del circuito principal, el resultado obtenido es consistente con la impedancia local, e insensible a la posible resistencia en serie.

Esta ventaja con respecto a la insensibilidad a una resistencia de tierra  $R_t$  se puede transponer a la presencia de una resistencia en serie cualquiera en relación con la falla medida. De hecho, el modelo clásico de una impedancia Z que se medirá es una puesta en serie de una resistencia R y de una capacidad C, tal como se ilustra en la figura 4A; no obstante, en algunos casos, el modelo es incompleto y un circuito con una resistencia de serie  $R_s$  es más representativo, ver figura 4B (en particular, en el esquema ilustrado en la figura 2, la impedancia de fuga  $Z_f$  global consistiría en un circuito paralelo de  $R_f$  y  $C_f$  puesto en serie con la resistencia  $R_t$ ).

En el modelo de la figura 4B, para medir correctamente R, C y  $R_s$ , tanto a nivel local como global, se necesita un parámetro más. Con las dos frecuencias de inyección, este nuevo parámetro puede ser, de este modo, una nueva frecuencia de inyección por el CPI 22; por el contrario, como se desean valores de la resistencia R y de la capacidad C, se realizará una desmodulación síncrona en cada frecuencia  $f_1$ ,  $f_2$  con el fin de determinar la parte real y la parte imaginaria de la relación entre la tensión y la intensidad de la corriente que circula en la impedancia de fuga. La desmodulación síncrona que elimina todos los armónicos de una señal y que solo tiene en cuenta lo fundamental, se recomienda que las dos frecuencias de inyección  $f_1$  y  $f_2$  sean múltiplos entre sí. Aún aquí, para disminuir la duración de adquisición de las señales, es preferente que la relación entre las dos frecuencias sea entera.

En esta alternativa de medición y cálculo, I y U se miden en cada una de las frecuencias  $f_1$ ,  $f_2$ , al nivel global por los medios 26 de medición o en una derivación por los medios 32, 38 de medición del dispositivo 30 según la invención. Según la ecuación (1), y tomando el modelo corriente de la figura 4A, se obtienen dos valores C y R en  $f_1$  y  $f_2$ . Por otra parte, es posible obtener un tercer valor de R y C, así como un valor de  $R_s$ , gracias al valor de la impedancia de fuga Z en cada una de las frecuencias  $f_1$ ,  $f_2$  y a la relación  $f_1/f_2$  entre las dos frecuencias tomando el esquema de la figura 4B. Los tres resultados pueden compararse entonces para eliminar los valores aberrantes y verificar la validez del modelo de la figura 4A o de la figura 4B.

Puede ser deseable realizar una tercera medición con una tercera frecuencia  $f_3$ , lo que permite obtener así tres valores de R y C con el primer modelo de la figura 4A, y una cuarta de R y C con el segundo modelo de la figura 4B y las dos frecuencias extremas. Esta opción permite, en particular, verificar la ausencia de perturbaciones significativas y eliminar los valores obtenidos con una posible frecuencia cercana de la perturbación.

Otra ventaja del principio de mediciones independientes de la tensión inyectada  $U_0$  por el dispositivo 30 según la invención reside en el hecho de que la naturaleza del CPI 22 inyector es indiferente al resultado obtenido. En particular, ciertas instalaciones 50 de alimentación eléctrica esquematizadas en la figura 5 se realizan en varias partes 52a, 52b conectadas entre sí por dispositivos 54 de corte y que se pueden aislar o acoplar. De este modo, se puede considerar cada una de las partes 52 como una red independiente, cuyos transformadores 56 se proveen de un CPI 58. Cada CPI 58a, 58b entonces se asocia a medios 60a, 60b de exclusión, de hecho, con el fin de obtener resultados correctos, no tiene lugar ninguna inyección de un CPI 58a en otro CPI 58b y los medios 60 de exclusión administran la configuración (ver también documento FR 2.679.039). De este modo, en el caso donde el acoplamiento 54 se abre, los dos CPI 58 inyectan y los dos "interruptores" 60 se cierran; si el acoplamiento 54 está cerrado, solo un CPI 58a está activo y el otro medio 60b de exclusión está abierto.

Cada una de las redes 52 puede comprender derivaciones en las que se colocan dispositivos 30a, 30b según la invención asociados a los CPI 58a, 58b; en función de los cortes 54, 60 entre CPI 58, las derivaciones reciben, entonces, la corriente inyectada por uno o por el otro. En los procedimientos y dispositivos de medición clásicos, era indispensable conocer el CPI 58a, 58b inyector para dar un valor de la impedancia de falla local, debido a la relación de desmodulación. Gracias al dispositivo 30 según la invención, se obtiene una liberación total de los CPI 58 (excepto el conocimiento de la frecuencia inyectada  $f_1$ ).

En particular, el dispositivo según la invención puede utilizarse junto con la gestión de las exclusiones de controladores de aislamiento de una instalación de red múltiple descrita en la solicitud de patente francesa FR 07 04427 (publicada bajo el número FR 2.917.839 A1) titulada "Control de aislamiento de un conjunto de redes eléctricas interconectables a un neutro aislado".

Gracias a la solución según la invención, entre otros, se obtienen las siguientes ventajas:

- los dispositivos 30 según la invención y los CPI 22 inyectores pueden ser independientes; posiblemente se conectan por medios de comunicación 48, que no tienen, sin embargo, necesidad de comprender un bus de comunicación síncrono;
- 5 - la presencia de resistencia de tierra en serie  $R_t$  entre inyección y derivación ya no es fuente de errores de medición;
- el dispositivo 30 de localización es independiente de la tensión inyectada  $U_0$ , que puede ignorar;
- en el caso de instalaciones de redes 50 múltiples de alimentación con un acoplamiento 54 (por ejemplo, normal/emergencia, fuentes en paralelo, etc.), el dispositivo 30 de localización es independiente del CPI 58
- 10 inyector, y no es necesario, por lo tanto, señalar cualquier cambio en cada configuración de la red 50 eléctrica.

Aunque la invención se ha descrito en referencia a una red 20 trifásica en el neutro de la cual se conecta el controlador 22 permanente de aislamiento, no se limita a esto, la solución propuesta puede aplicarse a alimentaciones diferentes, por ejemplo, de frecuencia diferente a 50 Hz o monofásica, o grupos de emergencia de tipo grupo electrógeno u ininterrumpido o fuentes de tensión continua, y/o el controlador de aislamiento puede

15 inyectar su señal en una fase de la red (figura 5) y/o la inyección puede ser continua para redes puramente alternativas. En todos los casos, la medición de la intensidad  $I_d$  y de la tensión  $U_d$  se refiere a la corriente de falla y se aplica al conjunto de la línea relacionada; en particular, el toro de detección rodea todos los conductores de alimentación. De la misma manera, el CPI puede funcionar en otro principio diferente a la desmodulación síncrona.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo (30) de medición del aislamiento de una derivación (D) de una red (20) eléctrica de neutro aislado, en el que se configuran medios (24) para inyectar en la red eléctrica una señal de corriente alterna de una primera frecuencia ( $f_1$ ) y de una segunda frecuencia ( $f_2$ ), comprendiendo dicho dispositivo (30):
- 5       - medios (32) de medición de la corriente de falla ( $I_d$ ) en la primera frecuencia ( $f_1$ ) y en la segunda frecuencia ( $f_2$ ) para colocarse en la derivación (D) que comprende un toro de detección (34) adaptado para rodear la línea de alimentación de dicha derivación (D);
- medios (38) de medición de la tensión de falla ( $U_d$ ) en la primera frecuencia ( $f_1$ ) y en la segunda frecuencia ( $f_2$ ) colocadas en la derivación (D);
- 10       - un sistema (40) de determinación de la impedancia de falla ( $Z_d$ ) de la derivación (D)
- caracterizado porque:**
- los medios (24) constan de medios de servocontrol de la tensión ( $U_0$ ) inyectada para tener una amplitud de inyección constante en la primera y en la segunda frecuencia ( $f_1, f_2$ ) independientemente de la capacidad de la red (20) eléctrica, y
- 15       - el sistema (40) de determinación de la impedancia de falla consta de medios de evaluación de la naturaleza resistiva o capacitiva de la impedancia de falla ( $Z_d$ ) de la derivación (D), en comparación con la relación entre la primera y la segunda frecuencia ( $f_1/f_2$ ) de inyección y con la relación entre las amplitudes de la corriente de falla  $I_d$  en la primera y en la segunda frecuencia ( $f_1, f_2$ ) medidas en dicha derivación.
- 20       2. Dispositivo según la reivindicación 1 en el que los medios (32, 38) de medición colocados en la derivación (D) se adaptan para medir simultáneamente la corriente y la tensión de falla ( $I_d, U_d$ ) en la primera frecuencia ( $f_1$ ).
3. Dispositivo según la reivindicación 2 para una red (20) en el que las señales de corriente de primera frecuencia ( $f_1$ ) y de segunda frecuencia ( $f_2$ ) inyectadas son simultáneas, en el que los medios (32, 38) de medición de la corriente y de la tensión de falla ( $I_d, U_d$ ) se adaptan para medir simultáneamente la corriente y la tensión en la primera y en la segunda frecuencia ( $f_1, f_2$ ).
- 25       4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 o 3 que comprende, además, medios de calibración para medir la ganancia y la fase de los medios (32, 38) de medición.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 4 en el que el sistema (40) de determinación comprende medios (42) para determinar la parte real y la parte imaginaria de la relación entre la corriente y la tensión de falla ( $I_d, U_d$ ) medidas para la derivación (D).
- 30       6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 5 en el que los medios (24) inyectan simultáneamente una señal de corriente alterna de una primera frecuencia ( $f_1$ ), de una segunda frecuencia ( $f_2$ ) y de una tercera frecuencia ( $f_3$ ), en el que los medios (32) de medición de corriente de falla ( $I_d$ ) y los medios (38) de medición de la tensión de falla ( $U_d$ ) se adaptan, además, para medir simultáneamente la corriente y la tensión en la primera, segunda y tercera frecuencia ( $f_1, f_2, f_3$ ).
- 35       7. Dispositivo según la reivindicación 6 en el que los medios de servocontrol de la tensión ( $U_0$ ) inyectada se adaptan para tener una amplitud constante en cada frecuencia ( $f_1, f_2, f_3$ ).
8. Dispositivo según la reivindicación 7 en el que las frecuencias ( $f_1, f_2, f_3$ ) son múltiplos entre sí.
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 8 en el que el sistema (40) de determinación comprende medios (42) para determinar la parte real y la parte imaginaria de la relación entre la tensión y la corriente de falla ( $U_d, I_d$ ) medidas en cada frecuencia ( $f_1, f_2, f_3$ ) para cada derivación (D) a controlar.
- 40       10. Dispositivo electrotécnico de control del aislamiento de al menos una derivación (D) de una red (20) eléctrica de neutro aislado, que comprende medios (24) para inyectar una señal de corriente alterna de una primera frecuencia ( $f_1$ ) y de una segunda frecuencia ( $f_2$ ) en la red (20) y un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 9 para cada derivación (D) a controlar.
- 45       11. Dispositivo electrotécnico según la reivindicación 10 que comprende, además, medios (48) de conexión entre los medios (24) para inyectar una señal de corriente alterna y el sistema (40) de determinación para centralizar los resultados.
- 50       12. Red (20) de distribución eléctrica provista de al menos una derivación (D), que comprende medios para generar e inyectar una señal alternativa de frecuencia propia ( $F_0$ ) y cuyo neutro se aísla, que comprende un dispositivo electrotécnico según una de las reivindicaciones 10 u 11 para controlar el aislamiento de la red y de al menos una derivación.

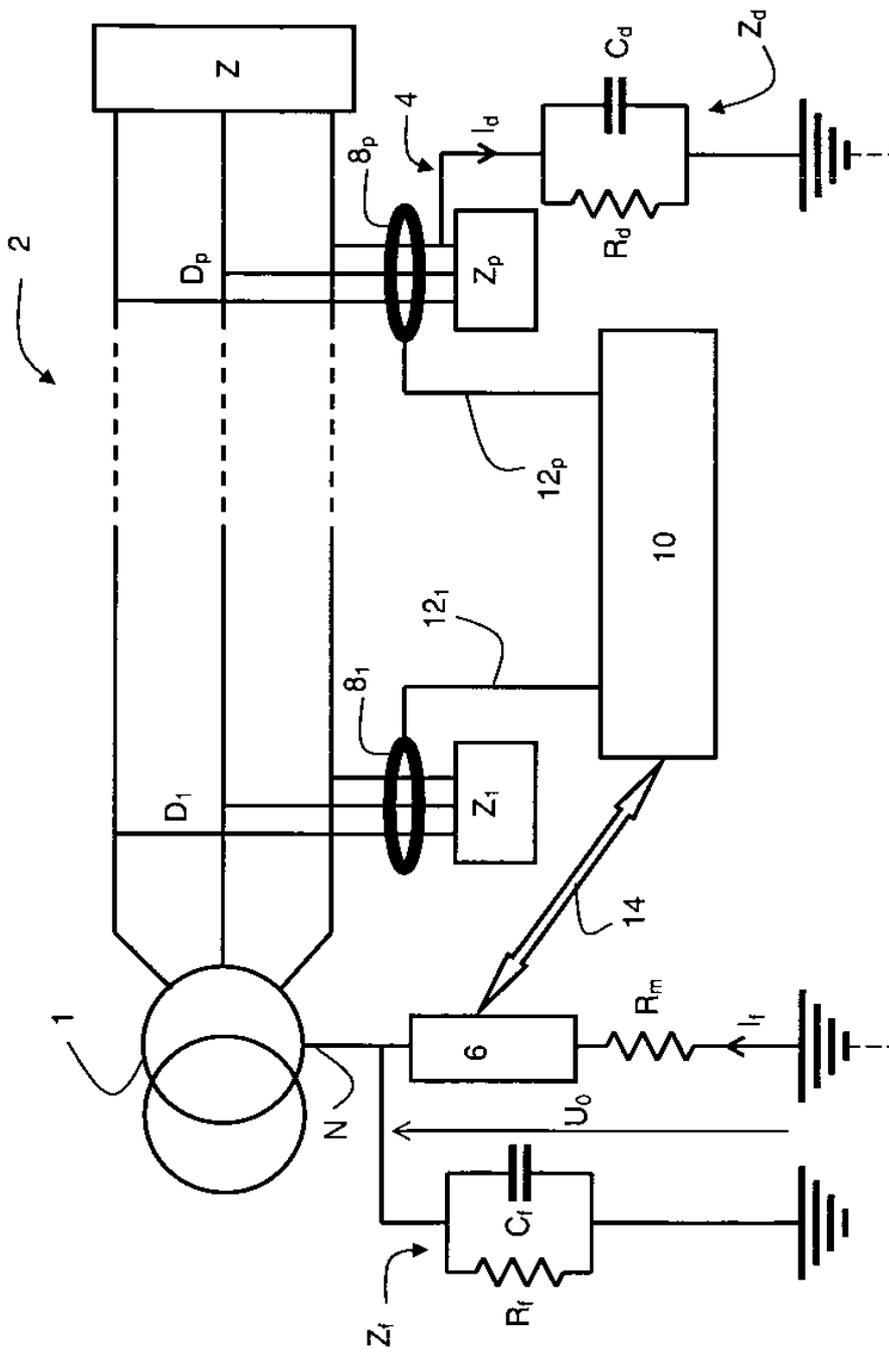


Fig.1

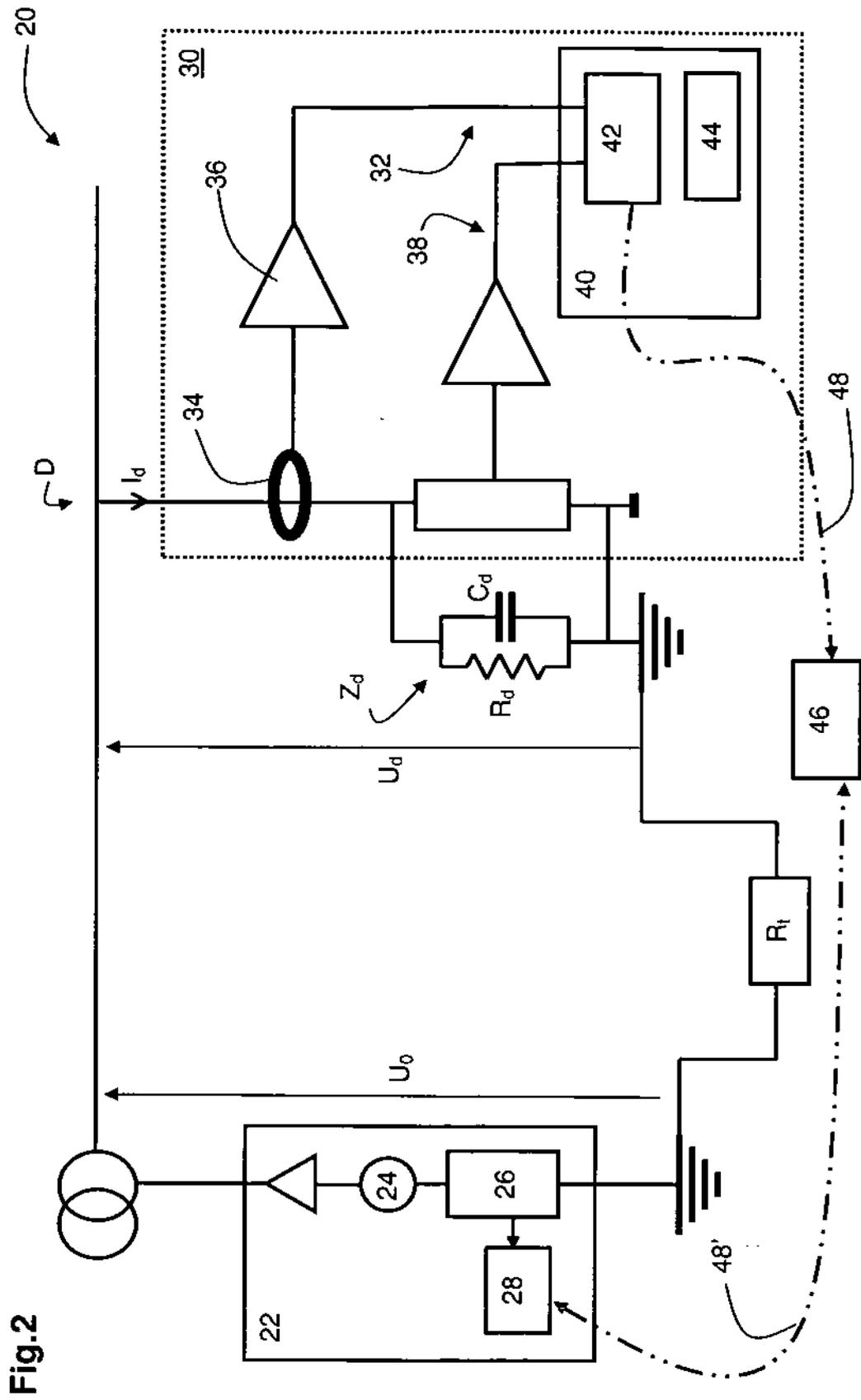


Fig. 2

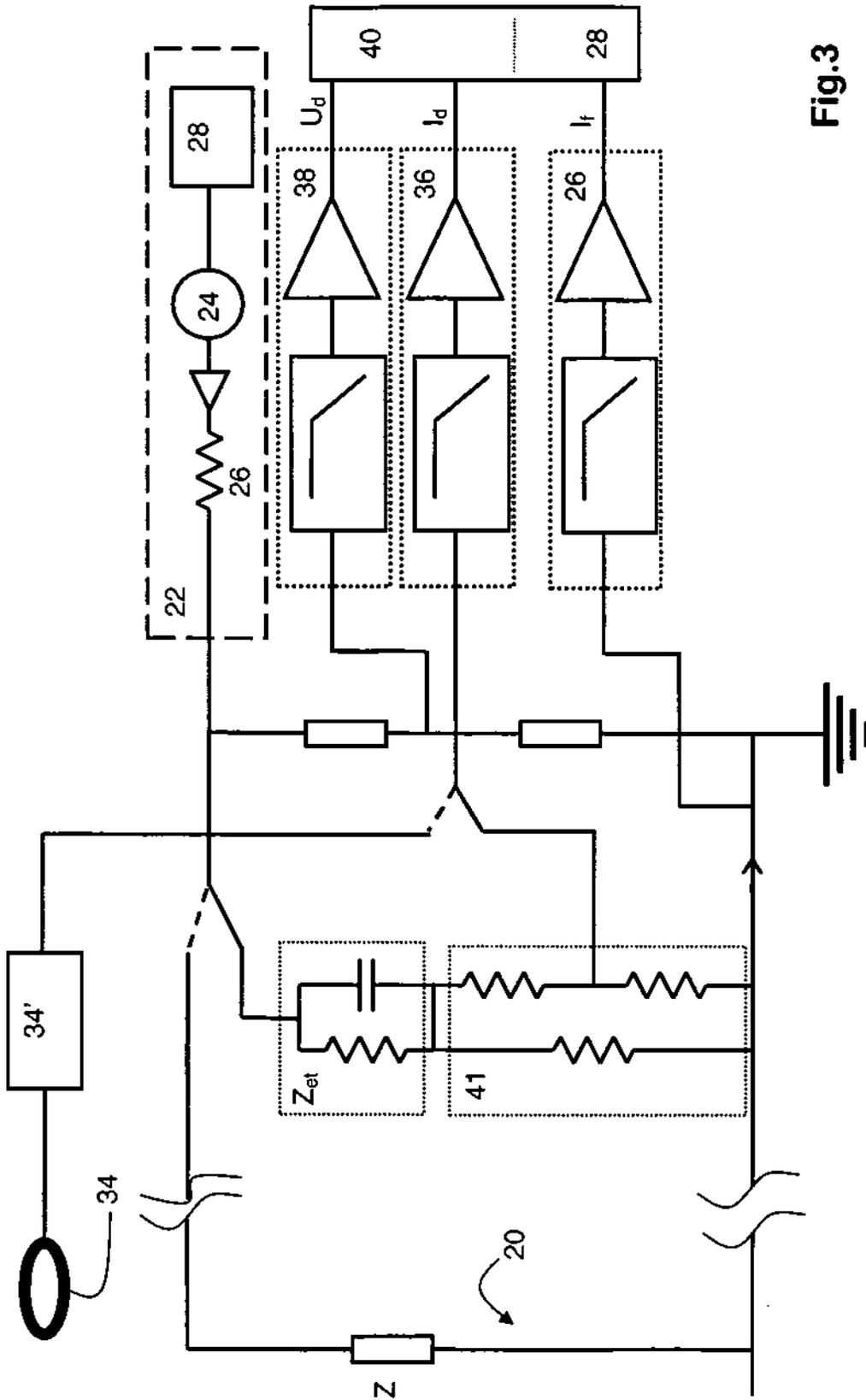


Fig.3

