(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 296 730**

(51) Int. Cl.:
G01R 31/08 (2006.01)
G01R 31/02 (2006.01)
G01M 3/18 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: **01907636 .3**
(86) Fecha de presentación : **19.01.2001**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1250607**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **23.10.2002**

(54) Título: **Procedimiento y dispositivo de control de un cable de telecomunicación.**

(30) Prioridad: **26.01.2000 FR 00 00970**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

(73) Titular/es: **SOCRAT**
14 av. Lion, Z.A. La Poulasse
F-83210 Sollies-Pont, FR

(72) Inventor/es: **Bussinger, Jean**

(74) Agente: **Gil Vega, Víctor**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de control de un cable de telecomunicación.

La presente invención se refiere a un procedimiento de control de un elemento conductor aplicable a la localización de un defecto de continuidad del elemento conductor. La presente invención se refiere particularmente al control de la continuidad eléctrica de la pantalla metálica de un cable de telecomunicación.

Las redes de telecomunicación actuales, de estructura arborescente, se realizan por medio de cables 1 de fuerte sección del tipo representado en la figura 1A, que incluyen varios centenares o millares de hilos eléctricos 2 aislados unos de otros por un revestimiento apropiado y dispuestos dos a dos para formar pares telefónicos. El conjunto está protegido contra las perturbaciones eléctricas por una envoltura metálica, o pantalla 3, así mismo recubierta por una envoltura 4 protectora de un material eléctricamente aislante como polietileno, PVC, etc.

Tales cables de telecomunicación, dispuestos en el suelo o en el aire, están sometidos a diversas agresiones de las cuales las más frecuentes son causadas por el rayo, los roedores, las obras de servicios de vías públicas, el roce de las ramas de los árboles, etc. Estas diversas agresiones pueden conducir a un desgarre 5 de la envoltura protectora y a una penetración de agua en el cable. Desde el punto de vista eléctrico, una degradación de este tipo se traduce por un defecto de aislamiento de la pantalla 3 respecto a tierra, esquematizado en la figura 1B por una resistencia Rd, y conduce a la aparición de una tensión Vc, o "potencial de pantalla", generada particularmente por la combinación del metal de la pantalla 3 con el agua y diversos óxidos metálicos. Cuando un defecto de estanqueidad no se ha reparado en tiempo útil, la degradación del cable se extiende al revestimiento de los hilos eléctricos y se desarrolla en una gran extensión de cable debido a la propagación del agua.

El control de la buena estanqueidad de los cables constituye así una preocupación mayor de los operadores de telecomunicación y necesita cada vez más ser automatizado con miras a una disminución de los costes de mantenimiento y de los tiempos de intervención *in situ*.

Otro control que debe ser realizado en las redes de cables de telecomunicación es el de la continuidad eléctrica de las pantallas, que generalmente están conectadas a tierra por sus extremos para permitir la circulación de cargas eléctricas inducidas por perturbaciones electromagnéticas o subidas de potencial eléctrico en el suelo. El control de la continuidad eléctrica de las pantallas entre dos puntos de conexión a tierra es igualmente en el momento actual una preocupación principal de los operadores de telecomunicación, pues estos últimos deben garantizar rendimientos óptimos de sus redes debido al aumento de los flujos de transferencia de datos numéricos impuesta por el desarrollo de la red Internet y otras aplicaciones informáticas.

Estos últimos años, la Firma solicitante ha concebido, desarrollado y perfeccionado un sistema de vigilancia automático de las redes de telecomunicación constituido por un conjunto de dispositivos de medición comercializados bajo la referencia "IMD" (Interface de Mesure Déportée). Tales dispositivos, descritos en la patente EP 408 480 y en la solicitud internacional PCT/FR99/02288, están dispuestos en los puntos de conexión a tierra de las pantallas metálicas y conectados mediante pares telefónicos con un equipo local de mantenimiento, así mismo conectado con un centro de mantenimiento regional. Permiten realizar diariamente diversas operaciones de control y de medición, particularmente:

- la desconexión de las pantallas con relación a tierra y la medición de la resistencia de aislamiento de las pantallas y del potencial de pantalla,

- la detección y la localización de un defecto de aislamiento de una pantalla por inyección de una tensión de baja frecuencia, conforme a un procedimiento descrito en la solicitud internacional anteriormente citada, y

- la detección de un defecto de continuidad de una pantalla, por un método llamado del "bucle de tierra".

No obstante, como los cables de telecomunicación presentan longitudes nada despreciables que van del centenar de metros a algunos kilómetros, la localización de un defecto de aislamiento en un tramo de cable por medio de dispositivos IMD debe completarse mediante una etapa de localización precisa del defecto sobre el terreno con el fin de proceder a la reparación.

En la solicitud internacional anteriormente citada, la Firma solicitante ha propuesto un procedimiento de localización complementario que permite localizar en el lugar de reparación la anomalía que afecta a una sección de cable dudosa. A título de información, este procedimiento de localización complementario consiste en inyectar en la pantalla de la porción de cable dudosa dos corrientes de frecuencias distintas, contrariamente a las enseñanzas del documento US 4.103.225 en el cual una corriente continua de carga y de descarga se aplica a un cable para medir su capacidad. Este procedimiento de localización consiste luego en medir las corrientes en diversos puntos de la pantalla, y luego en calcular la parte real de al menos una de las dos corrientes para librarse de la influencia de la capacidad de fuga de la pantalla. Una caída brutal de la parte real de la corriente en un punto determinado del cable permite localizar el defecto de aislamiento.

Un problema similar se plantea en lo que respecta a los defectos de continuidad eléctrica, pues el método del bucle de tierra permite detectar un defecto de continuidad en una sección de red sin localización precisa del punto de discontinuidad. Para hacerse una idea, la figura 2 representa esquemáticamente una red de cables de telecomunicación que comprende un cable "A" que incluye N hilos cuyo extremo está conectado por medio de una caja de empalmes 10 a dos cables "B" y "C" que comprenden N/2 hilos cada uno. El cable B está así mismo conectado por medio de una caja de empalmes 11 a dos cables "D" y "E" que comprenden N/4 hilos cada uno. La pantalla del cable A está conectada a las pantallas de los cables B y C y la pantalla del cable B está conectada a las pantallas de los cables D y E. La pantalla del cable A está conectada a tierra en su punto de origen por mediación de un dispositivo IMD1 y las pantallas de los cables C, D, E están conectadas a tierra en sus puntos de extremo por mediación de los dispositivos IMD2, IMD3, IMD4.

Durante una medición de bucle de tierra, por ejemplo en el tramo ABE, el dispositivo IMD1 mantiene el punto de origen de la pantalla A conectado a tierra mientras que los dispositivos IMD2, IMD3, IMD4 desconectan los puntos de extremo de las pantallas C, D, E. El dispositivo IMD4 mide la resistencia del bucle constituida por la resistencia de las pantallas ABE, la resistencia de tierra del dispositivo IMD1 y su propia resistencia de tierra. Si la resistencia de bucle es muy elevada, eso puede significar que el tramo ABE presenta un defecto de continuidad. Sin embargo, el emplazamiento del defecto de continuidad no es conocido. El defecto puede por ejemplo estar situado en una de las cajas de conexión 10, 11 y debe localizarse para proceder a la reparación.

Ahora bien, que sepa la Firma solicitante, hasta ahora, ningún método realmente satisfactorio ha sido propuesto para localizar sobre el terreno el defecto de continuidad de una pantalla metálica, basándose los métodos actuales esencialmente en una inspección visual.

La presente invención trata de paliar este inconveniente.

Más particularmente, un objetivo general de la presente invención es prever un procedimiento de control de un elemento conductor aplicable a la localización de un defecto de continuidad eléctrica, que sea preciso, fiable y sencillo de realizar.

Otro objetivo de la presente invención es prever un dispositivo de control de un elemento conductor aplicable a la localización de un defecto de continuidad eléctrico, que sea de volumen reducido y sencillo de utilizar.

Para lograr este objetivo, la presente invención se basa en la constatación según la cual el procedimiento de localización complementario descrito en la solicitud internacional anteriormente citada es aplicable igualmente para la localización de los defectos de continuidad, calculando la parte imaginaria de la corriente bifrecuencia en lugar de calcular la parte real. Se obtiene un valor de corriente puramente capacitivo que permite localizar con una gran precisión un defecto de continuidad.

Más particularmente, la presente invención prevé un procedimiento de control de un elemento conductor, aplicable para la localización de un defecto de continuidad del elemento conductor, presentando el elemento conductor con relación a un conductor de referencia una resistencia de aislamiento y una capacidad de fuga repartidas a lo largo del elemento conductor, comprendiendo el procedimiento una etapa que consiste en inyectar en el elemento conductor al menos dos corrientes de frecuencias distintas por medio de un generador de corriente o de tensión del cual un borne está conectado al conductor de referencia, al menos una etapa de medición de las amplitudes de las corrientes en un punto de medición seleccionado a lo largo del elemento conductor, y una etapa de cálculo de la parte imaginaria de al menos una de las corrientes y/o de cálculo de la capacidad de fuga del elemento conductor río abajo del punto de medición, a partir de las amplitudes medidas de las corrientes.

Según un modo de realización, el procedimiento comprende una pluralidad de etapas de medición de las amplitudes de las corrientes en diversos puntos de medición, y una pluralidad de etapas de cálculo, después de cada medición, de la parte imaginaria de al menos una de las corrientes y/o de la capacidad de fuga río abajo, localizándose un defecto de continuidad eléctrica del elemento conductor cuando la parte imaginaria calculada y/o la capacidad de fuga río abajo se muestra nula antes de que el extremo del elemento conductor sea alcanzado.

La presente invención prevé igualmente una aplicación del procedimiento indicado anteriormente para la localización de un defecto de aislamiento eléctrico del elemento conductor con relación al conductor de referencia, comprendiendo el procedimiento una etapa de cálculo de la parte real de al menos una de las corrientes y/o de la resistencia de aislamiento río abajo de un punto de medición.

Según un modo de realización, el procedimiento comprende una pluralidad de etapas de medición de las amplitudes de las corrientes en diversos puntos de medición, y una pluralidad de etapas de cálculo, después de cada medición, de la parte real de al menos una de las corrientes y/o de la resistencia de aislamiento río abajo, localizándose un defecto de aislamiento eléctrico cuando la parte real calculada presenta un claro debilitamiento y/o cuando la resistencia de aislamiento río abajo aumenta rápidamente sin que ello sea justificado por la topografía del elemento conductor.

Según la invención, el procedimiento comprende una etapa de cálculo de una fórmula del tipo:

$$K_x \sqrt{[K_y \ |i_1|^2 - K_z \ |i_2|^2]},$$

en la cual $|i_1|$ e $|i_2|$ son las amplitudes de las corrientes y K_x, K_y, K_z son las constantes.

Según un modo de realización, el elemento conductor comprende varias pantallas de cables de telecomunicación conectados entre si, y el conductor de referencia es la toma de tierra.

La presente invención se refiere igualmente a un dispositivo de control de un elemento conductor, que comprende un terminal de conexión a un captador de corriente sin contacto, un circuito de conversión analógico/numérico de la señal proporcionada por el sensor de corriente, y un medio de cálculo, en el cual el medio de cálculo está dispuesto para analizar la señal proporcionada por el sensor de corriente y obtener las amplitudes de al menos dos corrientes de frecuencias distintas presentes en la señal proporcionada, y calcular la parte imaginaria de al menos una de las corrientes y/o una capacidad eléctrica, por medio de una fórmula del tipo: $K_1\sqrt{[K_2|i_1|^2-K_3|i_2|^2]}$, en la cual $|i_1|$ e $|i_2|$ son las amplitudes de las corrientes y K_1, K_2, K_3 son las constantes.

Según un modo de realización, el medio de cálculo está igualmente dispuesto para calcular la parte real de al menos una de las corrientes y/o una resistencia eléctrica, por medio de una fórmula del tipo: $K_4\sqrt{[K_5 \ |i_2|^2 - K_6 \ |i_1|^2]}$, en la cual K_4, K_5 y K_6 son las constantes.

Según un modo de realización, el dispositivo comprende medios, de selección para elegir entre el cálculo de la parte imaginaria de al menos una de las corrientes y/o el cálculo de una capacidad eléctrica, por una parte, y el cálculo de la parte real de al menos una de las corrientes y/o de una resistencia eléctrica, por otra parte.

Según un modo de realización, el dispositivo está previsto para ser conectado a una pinza amperimétrica y comprende terminales de calibración destinados para ser interconectados durante una fase de calibración, y medios para inyectar en uno de los terminales de calibración al menos dos corrientes de calibración de frecuencias distintas por mediación de una resistencia convencional.

Estos objetos característicos y ventajas de la presente invención, así como otros, se expondrán con más detalle en la descripción que sigue de los fundamentos teóricos del procedimiento de la invención, de un ejemplo de aplicación del procedimiento de la invención en la localización de un defecto de continuidad en una red de cables de telecomunicación, y de un ejemplo de realización de un dispositivo de medición según la invención, en relación con las figuras adjuntas en las cuales:

- Las figuras 1A, 1B anteriormente descritas representan un cable de telecomunicación.

- La figura 2 anteriormente descrita representa una red de cables de telecomunicación.

- La figura 3A representa esquemáticamente una pantalla conductora e ilustra el procedimiento según la invención.

- La figura 3B es el esquema eléctrico equivalente de la pantalla de la figura 3A.

- La figura 3C es el esquema equivalente de la pantalla de la figura 3A visto desde un punto de medición.

- Las figuras 4A, 4B son representaciones vectoriales de corrientes que intervienen en el procedimiento según la invención.

- La figura 5 representa de forma simplificada la red de cables de la figura 2 e ilustra una aplicación del procedimiento según la invención.

- Las figuras 6 a 8 representan en forma de curvas los resultados de mediciones de corriente efectuadas en un tramo de la red de la figura 5.

- La figura 9 es una vista externa de un dispositivo de medición según la invención.

- La figura 10 es el esquema eléctrico en forma de bloques del dispositivo de medición de la figura 9.

- La figura 11 y última, ilustra una etapa de calibración del dispositivo de medición.

La figura 3A representa esquemáticamente la pantalla 20 de un cable de telecomunicación cuya continuidad eléctrica debe ser controlada. Los puntos de origen y de extremo de la pantalla se desconectan previamente de la toma de tierra (GND) por medio de dos interruptores 21, 22, por ejemplo los interruptores presentes en dispositivos IMD. El esquema equivalente de la pantalla 20 está representado en la figura 3B. La pantalla 20 comprende una pluralidad de células elementales R_1C_1. R_2C_2, R_3C_3...R_iC_i...R_mC_m repartidas entre su punto de origen y su punto de extremo. Las

resistencias elementales R_i forman juntas la resistencia de aislamiento de la pantalla 20 con relación a la toma de tierra y las capacidades elementales C_i forman la capacidad de fuga de la pantalla 20 con relación a tierra.

Según la invención, se inyecta en el punto de origen de la pantalla 20 al menos dos corrientes i_1, i_2 de baja frecuencia con frecuencias respectivas f_1, f_2 y de impulsos ω_1, ω_2, por ejemplo corrientes del orden de algunos miliamperios que oscilan respectivamente entre 1 Hz y 2 Hz. La corrientes i_1, i_2 son proporcionadas por un generador de tensión o de corriente, de preferencia un generador de tensión 23 que proporciona tensiones alternativas u1, u2 del tipo

$$u1 = U1\ Cos(2\Pi f_1 t)$$

$$u2 = U2\ Cos(2\Pi f_2 t)$$

que tienen amplitudes U1, U2 conocidas del orden de algunos voltios. El terminal de masa del generador 23 está conectado a tierra con el fin de formar un bucle de conducción que pasa por la pantalla 20 y la toma de tierra. Las amplitudes de las corrientes il, i_2 se miden en diversos puntos P_1, P_2, P_3... P_i...P_n a lo largo de la pantalla 20, por medio de una pinza amperimétrica 30 conectada a un dispositivo de medición 31.

Estas primeras etapas del procedimiento según la invención son similares a las del procedimiento descrito en la solicitud internacional PCT/FR99/02288, que se refiere a la localización de un defecto de aislamiento. Se mostrará en lo que sigue que la detección de las amplitudes de las corrientes i_1 e i_2 permite calcular la parte imaginaria de cada corriente, y que el cálculo de la parte imaginaria de las corrientes i_1, i_2 en varios puntos de medición P_1, P_2...P_i,...P_n permite localizar un defecto de continuidad.

Visto desde un punto de medición cualquiera P_i, la pantalla 20 puede representarse como se ha ilustrado en la figura 3C, en forma de una resistencia R_A y por una capacidad C_A en paralelo. La resistencia R_A es la resistencia de aislamiento de la parte de la pantalla 20 que se encuentra río abajo del punto de medición P_i, según el sentido de circulación de las corrientes il, i_2, y está constituida por el conjunto de resistencias de aislamiento elementales R_i río abajo de este punto. La capacidad C_A es la capacidad de fuga de la parte de la pantalla 20 que se encuentra río abajo del punto de medición P_i, y está constituida por el conjunto de capacidades de fuga elementales Ci río abajo de este punto. La resistencia linéica de la pantalla al ser despreciable, las tensiones presentes en los bornes del circuito equivalente R_AC_A son las tensiones u1, u2 de amplitudes U_1, U_2 aplicadas en el punto de origen de la pantalla.

La representación vectorial de las corrientes il, i_2 en las figuras 4A, 4B muestra que cada corriente comprende una parte real i_{r1}, i_{r2} en fase con la tensión u_1, respectivamente u_2, y una parte imaginaria i_{c1}, i_{c2} desfasada de 90º con relación a la parte real, que obedecen a las relaciones siguientes:

$$(1)\quad |i_1|^2 = i_{r1}^2 + i_{c1}^2$$

$$(2)\quad |i_2|^2 = i_{r2}^2 + i_{c2}^2$$

siendo $|i_1|$ e $|i_2|$ los módulos, o amplitudes medibles, de las corrientes il, i_2.

Las partes reales i_{r1}, i_{r2} de las corrientes il, i_2 están ligadas por las relaciones siguientes:

$$(3)\quad i_{r1} = U_1/R_A$$

$$(4)\quad i_{r2} = U_2/R_A$$

$$(5)\quad R_A = U_1/i_{r1} = U_2/ir_2$$

$$(6)\quad i_{r1} = i_{r2}(U_1/U_2)$$

Las partes imaginarias i_{c1}, i_{c2} de las corrientes i_1, i_2 están ligadas por las relaciones siguientes:

$$(7)\quad i_{c1} = C_A\omega_1 U_1$$

$$(8)\quad i_{c2} = C_A\omega_2 U_2$$

$$(9)\quad C_A = i_{c1}/\omega_1 U_1 = i_{c2}/\omega_2 U_2$$

$$(10)\quad i_{c1} = i_{c2}\ (U_1\omega_1/U_2\omega_2)$$

Inyectando en la relación (1) las expresiones de las corrientes i_{r1} e i_{c1} dadas por las relaciones (6) y (10), se obtiene:

$$(11)\quad |i_1|^2 = i_{r2}^2\ (U_1/U_2)^2 + i_{c2}^2\ (U_1/U_2)^2\ (\omega_1/\omega_2)^2$$

Multiplicando la relación (2) por el término $(U_1/U_2)^2$:

$$(12)\quad |i_2|^2\ (U_1/U_2)^2 = i_{r2}^2\ (U_1/U_2)^2 + i_{c2}^2\ (U_1/U_2)^2$$

Restando la relación (12) de la relación (11), se encuentra, después de la simplificación, la expresión de la corriente i_{c2}:

$$(13)\quad i_{c2} = (\omega_2/U_1)\ \sqrt{[[(U_2|i_1|)^2 - (U_1|i_2|)^2]/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

Combinando la relación (10) y la relación (13), se encuentra la expresión de la corriente i_{c1}:

$$(14)\quad i_{c1} = (\omega_1/U_2)\ \sqrt{[[(U_2|i_1|)^2 - (U_1|i_2|)^2]/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

Combinando las relaciones (7) y (14) como sigue:

$$(15)\quad i_{c1} = C_A\omega_1 U_1 = (\omega_1/U_2)\sqrt{[[(U_2|i_1|)^2-(U_1|i_2|)^2]/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

se encuentra la expresión de la capacidad de fuga río abajo C_A:

$$(16)\quad C_A = (1/U_1U_2)\ \sqrt{[[(U_2|i_1|)^2 - (U_1|i_2|)^2]/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

Resumiendo, como los parámetros U_1, U_2, ω_1 y ω_2 son constantes, una fórmula general del tipo:

$$(17)\quad K_1\ \sqrt{[K_2\ |i_1|^2 - K_3\ |i_2|^2]}$$

en la cual $|i_1|$ y $|i_2|$ son las corrientes medidas por medio de la pinza amperimétrica y K_1, K_2, K_3 las constantes, cubre las relaciones (13), (14), (16) y permite calcula la corriente i_{c1} o la corriente i_{c2}, o también la capacidad de fuga río abajo C_A, según el valor dado a las constantes K_1, K_2, K_3.

Ahora se mostrará a partir de un ejemplo práctico ilustrado en la figura 5 que las relaciones que acaban describirse son directamente aplicables para la localización de un defecto de continuidad. La figura 5 representa esquemáticamente las pantallas A, B, C, D, E de una red de cables de telecomunicación similar a la de la figura 2. Las pantallas están conectadas y forman tramos conductores AC, ABD, y ABE. El punto de origen de la pantalla A y los puntos de extremo de las pantallas C, D, E están desconectados de la toma de tierra para la realización del procedimiento de la invención. El generador 23 está conectado al punto de origen de la pantalla A. Las corrientes il, i_2 circulan por la pantalla A y se dividen en las pantallas B y C, y luego en las pantallas D y E.

En la figura 6, la curva 60 representa el perfil de las corrientes imaginarias i_{c1}, i_{c2} a lo largo del tramo ABD cuando este no presenta defecto de continuidad, y la curva 61 representa el perfil de las corrientes i_{c1}, i_{c2} en presencia de un defecto de continuidad 24 situado aquí en la pantalla B. Las curvas 60, 61 representan igualmente el perfil de la capacidad río abajo C_A a lo largo del tramo ABD, siendo las relaciones (13, (14) y (16) proporcionales. Estas curvas son trazadas por medio de la pinza amperimétrica 30 y del dispositivo de medición 31, del cual un ejemplo de realización se describirá más adelante.

Las curvas 60, 61 son paralelas y presentan un decrecimiento regular con una clara disminución de las corrientes i_{c1}, i_{c2} y de la capacidad C_A en cada división de la red en dos ramas distintas BC y DE. La diferencia significativa entre las dos curvas es que la curva 60 alcanza el valor cero en el extremo de la pantalla D, mientras que la curva 61, de nivel más bajo, alcanza el cero en el punto de discontinuidad 24. Así, en la práctica, resulta cómodo localizar el defecto de continuidad 24 observando la evolución de las corrientes i_{c1}, i_{c2} y/o de la capacidad de fuga C_A. Cuando las corrientes i_{c1}, i_{c2} o la capacidad C_A se vuelven nulas antes de que el extremo del tramo conductor comprobado sea alcanzado, eso señala la presencia de un defecto de continuidad.

Con relación a una simple detección de corriente, el procedimiento de la invención ofrece la ventaja de una gran sensibilidad de medición y una excelente precisión, y solo necesita corrientes il, i_2 y tensiones u1, u2 de bajo valor, que oscilan a baja frecuencia y no son perturbadas por los parásitos electromagnéticos presentes en la proximidad de los 50 Hz. El cálculo de la parte imaginaria de las corrientes i_1, i_2 permite además librarse de las pérdidas de sensibilidad debidas a un defecto de aislamiento, cuando el defecto de aislamiento no es muy importante y es por ejemplo del orden de algunos kiloohmnios. Además, el procedimiento de la invención permite calcular la capacidad de fuga C_A y responde a una necesidad largo tiempo acusada de análisis de las características eléctricas de los cables de telecomunicación. Sin embargo, está claro que el cálculo de la capacidad C_A no es indispensable para la localización de un defecto de continuidad, pudiendo realizarse el procedimiento calculando únicamente la parte imaginaria de una de las corrientes il, i_2.

Por otro lado, en una variante de realización del procedimiento, las tensiones U1, U2 son iguales y las relaciones (13) y (14) se simplifican:

$$(13) \Rightarrow (18) \quad i_{c2} = \omega_2 \sqrt{[(|i_1|^2 - |i_2|^2)/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

$$(14) \Rightarrow (19) \quad i_{c1} = \omega_1 \sqrt{[(|i_1|)^2 - |i_2|^2)/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

En este caso, no es necesario conocer la tensión aplicada U para calcular las partes imaginarias de las corrientes il, i_2 y localizar un defecto de continuidad.

Se completarán ahora las enseñanzas de la solicitud internacional PCT/FR99//02288 y se mostrará que el procedimiento que se describe en ella permite determinar la parte real de cada corriente y la resistencia de aislamiento R_A, en el caso general en que las tensiones U1 y U2 presenten valores cualesquiera que no son forzosamente idénticos. Multiplicando la relación (2) dada más arriba por el término $(\omega_1U_1/\omega_2U_2)^2$, se obtiene la relación siguiente:

$$(20) \quad (\omega_1U_1/\omega_2U_2)^2 |i_2|^2 = (\omega_1U_1/\omega_2U_2)^2 i_{r2}^2 + (\omega_1U_1/\omega_2U_2)^2 i_{c2}^2$$

Sustrayendo la relación (21) de la relación (11), se obtiene:

$$(21) \quad i_{r2} = (1/U_1) \sqrt{[[(\omega_1U_1|i_2|)^2 - (\omega_2U_2|i_1|)^2]/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

Combinando las relaciones (6) y (21):

$$(22) \quad i_{r1} = (1/U_2) \sqrt{[[(\omega_1U_1|i_2|)^2 - (\omega_2U_2|i_1|)^2]/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

Combinando la relación (5) con una de las relaciones (21) ó (22):

$$(23)\quad R_A = U_1U_2 \,/\, \sqrt{[[(\omega_1U_1|i_2|)^2 - (\omega_2U_2|i_1|)^2]/(\omega_1^2-\omega_2^2)]}$$

Los parámetros U_1, U_2, ω_1 y ω_2 al ser constantes, una fórmula general del tipo:

$$(24)\quad K_4 \sqrt{[K_5 |i_2|^2 - K_6 |i_1|^2]}$$

en la cual K_4. K_5, K_6 son las constantes e $|i_1|$, $|i_2|$ las corrientes medidas, cubren las relaciones (21), (22), (23). Según el valor dado a las constantes K_4 a K_6, esta fórmula permite calcular la corriente i_{r1}, la corriente i_{r2} o también la resistencia R_A (invirtiendo el resultado).

Como anteriormente, las amplitudes U1, U2 de las tensiones u1, u2 aplicadas al punto de origen pueden ser elegidas idénticas. En este caso, las corrientes i_{r1}, i_{r2} son idénticas, las relaciones (21) y (22) se simplifican y se vuelven independientes del valor de la tensión U aplicada en el punto de origen, lo cual puede permitir calcular las corrientes i_{r1}, i_{r2} sin conocer la tensión U.

Un ejemplo de localización de un defecto de aislamiento, aquí un defecto 25 presente en la pantalla C en la figura 5, se ilustra por las curvas 62, 63 de las figuras 7 y 8. La curva 62 representa el perfil de las corrientes i_{r1}, i_{r2} y la curva 63 representa el perfil de la resistencia de aislamiento río abajo R_A a lo largo del tramo AC. Partiendo del punto de origen de la pantalla A, la curva 62 presenta un perfil sustancialmente plano hasta el punto de defecto 25, sin disminución sensible de las corrientes i_{r1}, i_{r2} en el punto de división de la red en dos ramas distintas BC. La mayoría de la corriente pasa en efecto por la pantalla C debido al defecto de aislamiento 25, que es muy inferior a la resistencia de aislamiento de las pantallas. Se observa por el contrario una caída brutal de las corrientes i_{r1}, i_{r2} cuando se alcanza el defecto 25. Esta disminución no está relacionada con la topografía de la red y es significativa de la presencia del defecto 25, por mediación del cual las corrientes i_1, i_2 se escapan por la toma de tierra. La curva 63 de la figura 8 conduce a la misma conclusión, la resistencia de aislamiento río abajo R_A aumenta brutalmente cuando se alcanza el defecto de aislamiento 25.

Ahora se describirá un ejemplo de realización de un dispositivo de medición 31 según la invención, previsto aquí para calcular la capacidad de fuga C_A y la resistencia de aislamiento R_A de una pantalla conductora.

La figura 9 es una vista externa del dispositivo 31. El dispositivo 31 comprende una toma 32 de conexión de la pinza amperimétrica, dos terminales de calibración 33, 34, un marcador 35, una tecla de funcionamiento/detención 36, una tecla 37 de iluminación del marcador 35, una tecla de calibración 38, una tecla de filtrado 39, una tecla 40-1 para desencadenar un cálculo de resistencia de aislamiento R_A y una tecla 40-2 para desencadenar un cálculo de capacidad de fuga C_A.

La figura 10 representa en forma de bloques la arquitectura eléctrica del dispositivo 31. Este comprende una cadena de contrastado 41, un microprocesador MP provisto de una memoria 45, un circuito de calibración 46, una batería de acumuladores 50, un circuito 51 de carga de la batería 50 y un circuito de control de alimentación 52 que proporciona diversas tensiones V1, V2, V3 necesarias para el funcionamiento de los diversos elementos. El marcador 35 y las teclas 36 a 40 están igualmente representadas y están conectadas al microprocesador.

La cadena de contrastado 41 comprende un amplificador de corriente/tensión 42 del cual la entrada está conectada a la toma 32 y recibe la corriente lp proporcionada por la pinza amperimétrica (no representada). El amplificador 42 presenta una ganancia importante para la detección de corrientes pequeñas del orden de una décima de microamperio en presencia de defectos de aislamiento de varias centenas de KΩ. La salida del amplificador 42 proporciona una tensión Vp y está conectada con la entrada de un convertidor analógico numérico 44 por mediación de un filtro de paso bajo 43, por ejemplo un filtro de Butterworth con una frecuencia de corte 15 Hz y una fuerte pendiente de corte (-55 dB a 50 Hz) para eliminar las perturbaciones a 50 Hz. El convertidor 44 es de tipo sigma-delta con salida en serie y comprende un filtro numérico interno de 6º orden. La frecuencia de calibración es elegida en 512 Hz con una resolución de 16 bitios La salida del convertidor 44 proporciona una señal contrastada Vpn enviada a una entrada del microprocesador.

El circuito de calibración 46 comprende un convertidor numérico/analógico 47 cuya entrada numérica está conectada al microprocesador y cuya salida está conectada con el terminal de calibración 33 por mediación de un amplificador de tensión 48 y una resistencia convencional 49 de valor R_{cal}.

La memoria 45 comprende una memoria volátil de tipo RAM, para almacenar datos temporales, y una memoria remanente de tipo EPROM. Esencialmente, la memoria EPROM comprende el sistema de explotación OS del microprocesador, un programa PGR1 de Transformada de Fourrier Rápida (FFT), un programa PGR2 de cálculo de amplitud, un programa PGR3 de conversión tensión/corriente, un programa PGR4 de cálculo de capacidad de fuga C_A o de resistencia de aislamiento R_A, un programa de calibración PGR5, y un programa principal PGR6 que asegura la coordinación del conjunto de programas así como la ejecución de instrucciones recibidas por las teclas 36 a 40 y el control de los diversos elementos del dispositivo 31.

Por medio de estos diversos programas, el microprocesador obtiene de la señal contrastada Vpn dos señales Vpn1, Vpn2 cuyas frecuencias respectivas corresponden a las frecuencias de medición f_1, f_2, iguales aquí a 1Hz y 2Hz, y calcula las amplitudes Vpnmax1, Vpnmax2 de éstas señales Vpn1, Vpn2. El microprocesador convierte seguidamente las amplitudes Vpnmax1, Vpnmax2 en amplitudes de corrientes $|i_1|$, $|i_2|$ por medio de coeficientes de conversión KVI1 y KVI2:

$$(25)\quad |i_1| = KVI1\ Vpnmax1$$

$$(26)\quad |i_2| = KVI2\ Vpnmax2$$

El microprocesador calcula seguidamente la capacidad C_A o la resistencia R_A por medio de las relaciones (16) o (23).

Según un aspecto de la invención, los coeficientes de conversión KVI1, KVI2 se determinan por el programa de calibración PGR5, que se activa mediante un presionado sobre la techa 38 “CAL” (calibrado). El programa PGR5 contiene una tabla de datos que comprende los valores contrastados por una señal de bifrecuencia de frecuencias f_1, f_2. Estos datos son enviados a la entrada del convertidor 47, utilizado como sintetizador de frecuencias, cuya salida proporciona tensiones analógicas correspondientes. A la salida del amplificador 48, se encuentran dos tensiones de calibración U_{cal1}, U_{cal2} que oscilan a las frecuencias de medición f_1, f_2. Durante la fase de calibración, los terminales 33 y 34 están conectados por un hilo conductor 53 como se ha representado en la figura 11, y la pinza amperimétrica 30 está dispuesta alrededor del hilo 53. El hilo 53 es atravesado por dos corrientes de calibración I_{cal1}, I_{cal2} iguales a:

$$(27)\quad I_{cal1} = U_{cal1}/R_{cal}$$

$$(28)\quad I_{cal2} = U_{cal2}/R_{cal}$$

cuyos valores son conocidos por el programa PGR5. Estas corrientes son detectadas por la pinza 30 y el microprocesador calcula los valores correspondientes Vpnmax1, Vpnmax2 a partir de las señales contrastadas Vpn1, Vpn2. Los valores Vpnmax1, Vpnmax2 permiten al microprocesador calibrar los coeficientes de conversión por medio de las relaciones siguientes:

$$(29)\quad KVI1 = (U_{cal1}/R_{cal})/Vpnmax1 = I_{cal1}/Vpnmax1$$

$$(30)\quad KVI2 = (U_{cal2}/R_{cal})/Vpnmax2 = I_{cal2}/Vpnmax1$$

Las tablas 1, 2 y 3 dadas a continuación resumen el funcionamiento del dispositivo de medición 31. Este dispositivo es, bien entendido, susceptible de diversas variantes y modos de realización. Por ejemplo, se puede limitar a la realización de un dispositivo de medición que calcula solamente las partes imaginaria y real de una corriente de bifrecuencia sin calcular la capacidad C_A y la resistencia R_A. Así, las teclas 40-1 y 40-2 podrían servir para desencadenar el cálculo de la parte real y el cálculo de la parte imaginaria de una de las corrientes il, i_2, lo cual sería suficiente para localizar defectos de aislamiento o de continuidad. El cálculo de la capacidad C_A y de la resistencia R_A es una ventaja suplementaria que permite analizar las características eléctricas de un cable de telecomunicación.

De forma general, el procedimiento de la invención es aplicable a cualquier elemento conductor distinto al de una pantalla metálica de cable de telecomunicación, en la medida en que el elemento conductor presente con relación a toma de tierra o con relación a otro conductor utilizado como conductor de referencia, una capacidad de fuga y una resistencia de aislamiento medibles.

Igualmente, aunque en lo que antecede, por razones de sencillez, se ha descrito un procedimiento basado en la inyección de dos corrientes, resultará claro al experto en la materia que los principios y métodos de cálculo expuestos más arriba son trasladables a una detección realizada por medio de tres, incluso cuatro corrientes o más con frecuencias distintas.

TABLA 1

Medición de resistencia de aislamiento R_A

	Presionado sobre la tecla 40-1
E1	Contrastado de la señal Vp durante 4,25 segundos a 512 Hz (o sea 512 contrastes por segundo)
E2	Supresión de los contrastes de la señal contrastada Vpn correspondientes a las 25 primeras centésimas de segundo (tiempo de puesta en servicio del filtro de paso bajo 43)
E3	Transformada de Fourrier de la señal de los contrastes Vpn que quedan con una finura de análisis de 0,25 Hz en una banda de frecuencias que va de 0 Hz a 256 Hz y obtención de las señales Vpn1 y Vpn2 a 1 Hz y 2 Hz
E4	Cálculo de la amplitud Vpnmax1 de la señal Vpn1 a 1 Hz y de la amplitud Vpnmax2 de la señal Vpn2 a 2 Hz.
E5	Conversión en valor de corriente de los valores Vpnmax1, Vpnmax2, por medio de coeficientes de conversión KVI1 y KVI2: $\lvert i_1\rvert$ = KVI1 Vpnmax1 $\lvert i_2\rvert$ = KVI2 Vpnmax2
E6	Si el modo de filtrado seleccionado es (tecla 39): etapas E1 a E5 repetidas 4 veces; cálculo de la media de los cuatro últimos resultados: $\lvert i_1\rvert = \Sigma_{(4)} \lvert i_1\rvert/4$ $\lvert i_2\rvert = \Sigma_{(4)} \lvert i_2\rvert/4$
E7	Cálculo de R_A según la relación (23)
E8	Representación de R_A

TABLA 2

Medición de capacidad de fuga C_A

	Presionado sobre la tecla 40-2
E1	Etapa idéntica a la de la tabla 1
E2	Etapa idéntica a la de la tabla 1
E3	Etapa idéntica a la de la tabla 1
E4	Etapa idéntica a la de la tabla 1
E5	Etapa idéntica a la de la tabla 1
E6	Etapa idéntica a la de la tabla 1
E9	Cálculo de C_A según la relación (16)
E10	Representación de C_A

TABLA 3

Calibración

	Presionado sobre la tecla 38
F1	Envío de la tensión de calibración Ucal a uno de los terminales de calibración del dispositivo
E1	Etapa idéntica a la del modo de medición
E2	Etapa idéntica a la del modo de medición
E3	Etapa idéntica a la del modo de medición
E4	Etapa idéntica a la del modo de medición
F2	Determinación de los coeficientes de conversión KVI1 y KVI2: $KVI1 = (U_{cal1}/R_{cal})/Vpnmax1 = I_{cal1}/V_{pnmax1}$ $KVI2 = (U_{cal2}/R_{cal})/Vpnmax2 = I_{cal2}/V_{pnmax1}$
F3	Repetir tres veces las etapas E1 a E4 y F2
F4	Cálculo de la media de los cuatro últimos resultados $KVI1 = \Sigma_{(4)}\ KVI1/4$ $KVI2 = \Sigma_{(4)}\ KVI2/4$
F5	Memorización de los coeficientes de conversión

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de un elemento conductor (20, A-E), aplicable en la localización de un defecto de continuidad (24) del elemento conductor, presentando el elemento conductor con relación a un conductor de referencia (GND) una resistencia de aislamiento (R_i) y una capacidad de fuga (C_i) repartidas a lo largo del elemento conductor, **caracterizado** porque comprende:

- una etapa que consiste en inyectar en el elemento conductor al menos dos corrientes (i_1, i_2) de frecuencias distintas (f_1, f_2) por medio de un generador de corriente o de tensión (23) del cual un terminal está conectado al conductor de referencia (GND),

- al menos una etapa de medición de las amplitudes ($|i_1|$, $|i_2|$) de las corrientes (i_1, i_2) en un punto de medición (P_i) seleccionado a lo largo del elemento conductor, y

- una etapa de cálculo de la parte imaginaria (i_{c1}, i_{c2}) de al menos una de las corrientes y/o de cálculo de la capacidad de fuga (C_A) del elemento conductor río abajo del punto de medición (P_i), a partir de las amplitudes medidas de las corrientes y por medio de una fórmula del tipo:

$$K_x \sqrt{[K_y \ |i_1|^2 - K_z \ |i_2|^2]},$$

en la cual $|i_1|$ e $|i_2|$ son las amplitudes medidas de las corrientes y K_x, K_y, K_z son constantes.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende una pluralidad de etapas de medición de las amplitudes ($|i_1|$, $|i_2|$) de las corrientes en diversos puntos de medición (P_i), y una pluralidad de etapas de cálculo, después de cada medición, de la parte imaginaria (i_{c1}, i_{c2}) de al menos una de las corrientes y/o de la capacidad de fuga río abajo (C_A), localizándose un defecto de continuidad eléctrica del elemento conductor cuando la parte imaginaria calculada (i_{c1}, i_{c2}) y/o la capacidad de fuga río abajo (C_A) muestra ser nula antes de que el extremo del elemento conductor sea alcanzado.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, aplicable en la localización de un defecto de aislamiento eléctrico del elemento conductor con relación al conductor de referencia, **caracterizado** porque comprende una etapa de cálculo de la parte real (i_{r1}, i_{r2}) de al menos una de las corrientes (i_1, i_2) y/o de la resistencia de aislamiento (R_A) río abajo de un punto de medición (P_i).

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque comprende una pluralidad de etapas de medición de las amplitudes ($|i_1|$, $|i_2|$) de las corrientes en diversos puntos de medición (P_i), y una pluralidad de etapas de cálculo, después de cada medición, de la parte real (i_{r1}, i_{r2}) de al menos una de las corrientes y/o de la resistencia de aislamiento río abajo (R_A), localizándose un defecto de aislamiento eléctrico cuando la parte real calculada (i_{r1}, i_{r2}) presenta un claro debilitamiento y/o cuando la resistencia de aislamiento río abajo (R_A) aumenta rápidamente sin que ello esté justificado por la topografía del elemento conductor.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el elemento conductor comprende varias pantallas de cables de telecomunicación (A-E) conectadas entre sí, y porque el conductor de referencia es la tierra.

6. Dispositivo (31) de control de un elemento conductor, que comprende un terminal (32) de conexión a un sensor de corriente sin contacto (30), un circuito (41) convertidor de sistema analógico a sistema numérico de la señal proporcionada por el sensor de corriente, y un medio de cálculo (MP), **caracterizado** porque el medio de cálculo (MP) está dispuesto para analizar la señal (Ip) proporcionada por el sensor de corriente y obtener las amplitudes ($|i_1|$, $|i_2|$) de al menos dos corrientes (i_1, i_2) de frecuencias distintas (f_1, f_2) presentes en la señal proporcionada (Ip), y calcular la parte imaginaria (i_{c1}, i_{c2}) de al menos una de las corrientes (i_1, i_2) y/o una capacidad eléctrica (C_A) por medio de una fórmula del tipo:

$$K_1 \sqrt{[K_2 \ | \ i_1 \ |^2 - K_3 \ | \ i_2 \ |^2]}$$

en la cual $|i_1|$ y $|i_2|$ son las amplitudes de las corrientes y K_1, K_2, K_3 son las constantes.

7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el medio de cálculo está igualmente dispuesto para calcular la parte real (i_{r1}, i_{r2}) de al menos una de las corrientes y/o una resistencia eléctrica (R_A), por medio de una fórmula del tipo:

$$K_4 \sqrt{[K_5 \ | \ i_2 \ |^2 - K_6 \ | \ i_1 \ |^2]}$$

en la cual K_4, K_5 y K_6 son las constantes.

8. Dispositivo según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado** porque comprende medios de selección (40-1, 40-2) para elegir entre:

- el cálculo de la parte imaginaria (i_{c1}, i_{c2}) de al menos una de las corrientes y/o el cálculo de una capacidad eléctrica (C_A), por una parte, y
- el cálculo de la parte real (i_{r1}, i_{r2}) de al menos una de las corrientes y/o de una resistencia eléctrica (R_A), por otra parte.

9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 6 a 8, previsto para ser conectado a una pinza amperimétrica (30), **caracterizado** porque comprende terminales de calibración (33, 34) destinados a ser interconectados durante una fase de calibrado, y medios (MP, 46) para inyectar en uno de los terminales de calibración al menos dos corrientes de calibrado (I_{cal1}, I_{cal2}) de frecuencias distintas por mediación de una resistencia convencional (49, R_{cal}).

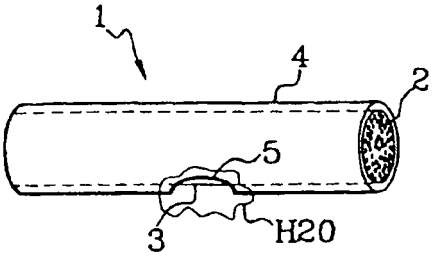


FIG.1A

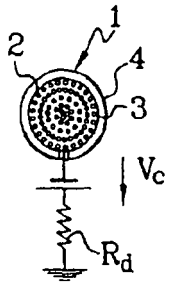


FIG.1B

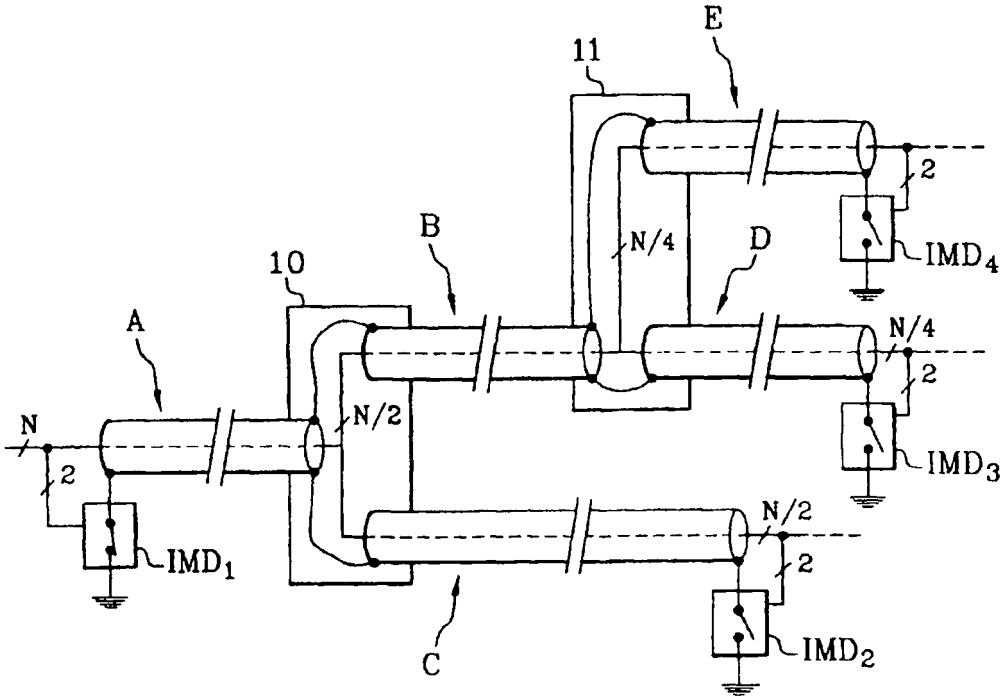


FIG.2

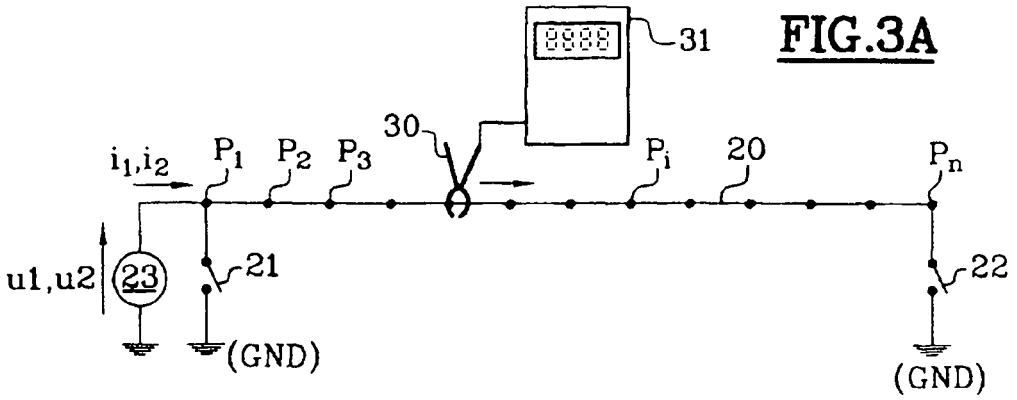


FIG.3A

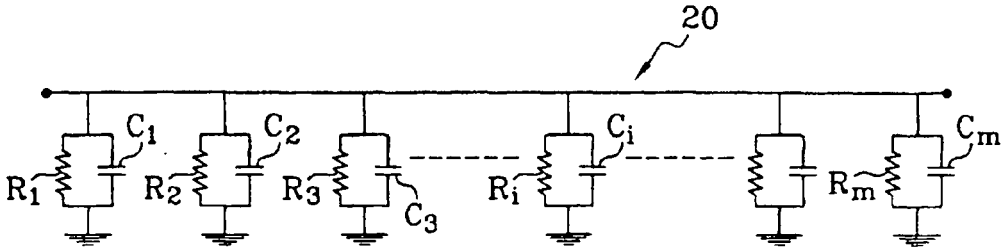


FIG.3B

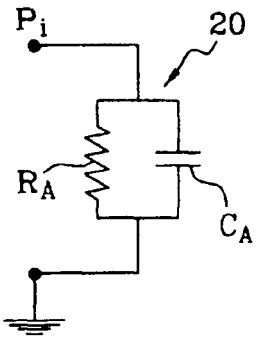


FIG.3C

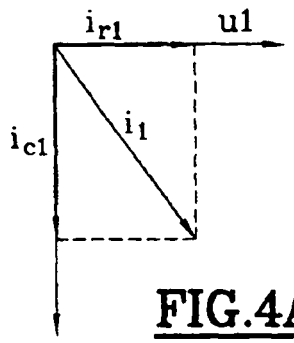


FIG.4A

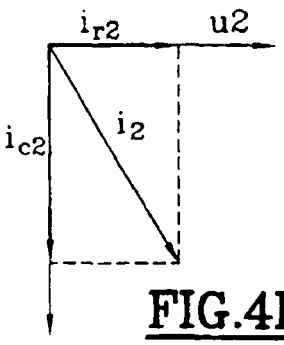


FIG.4B

FIG.5

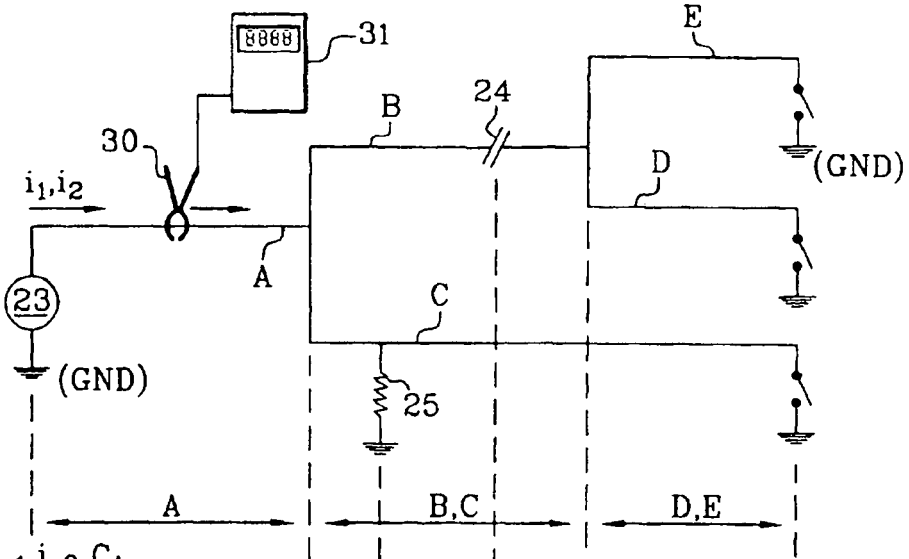


FIG.6

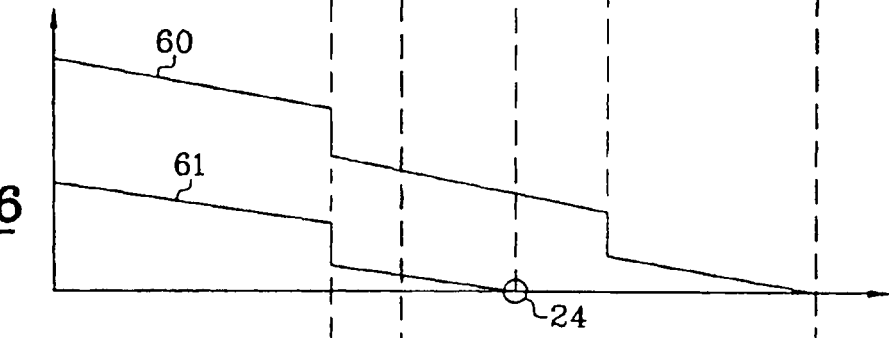


FIG.7

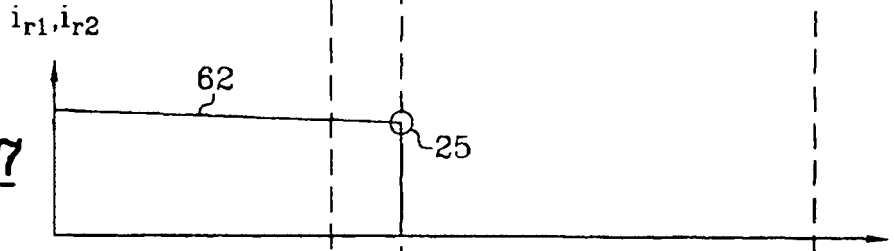


FIG.8

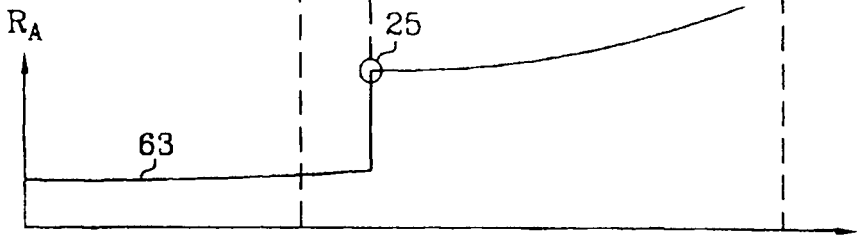


FIG.9

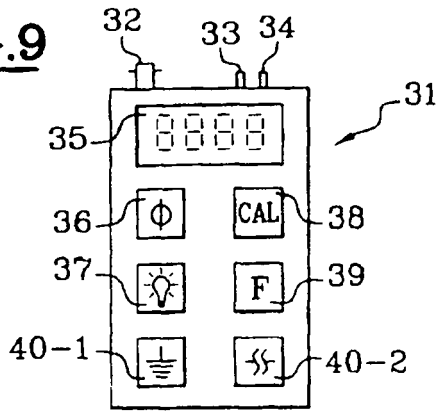
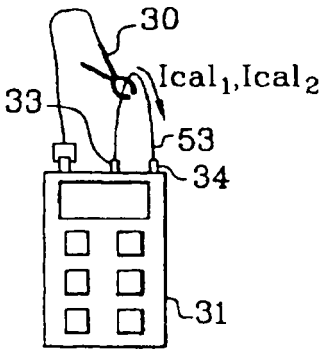


FIG.11



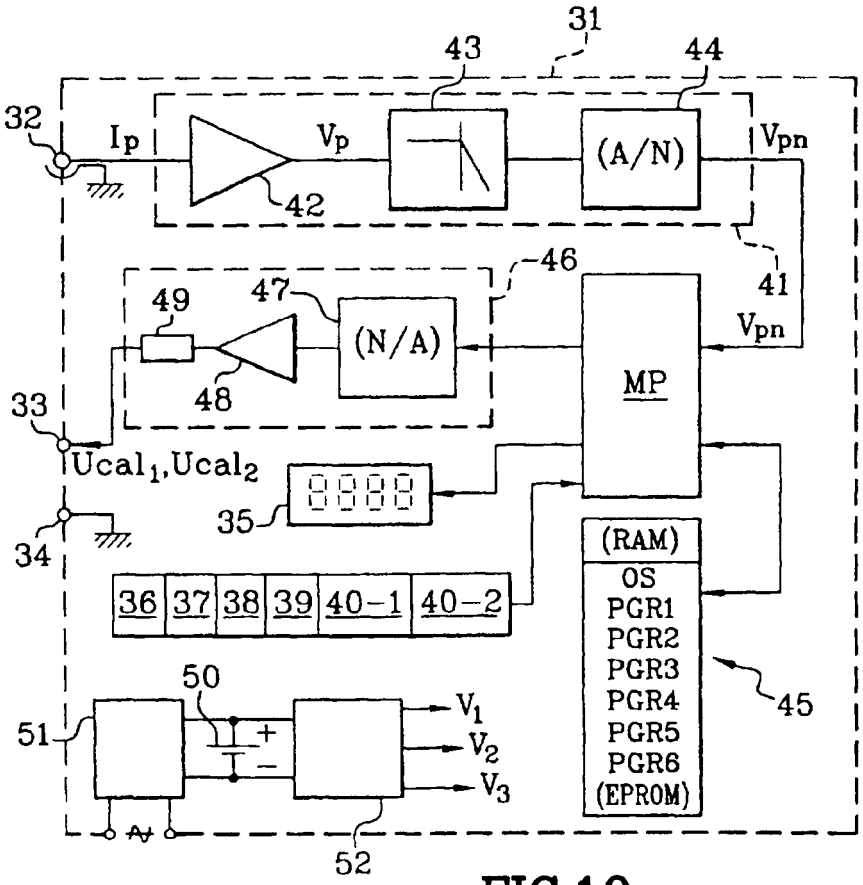


FIG.10