



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 268 880**

51 Int. Cl.:
G01R 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99943154 .7**

86 Fecha de presentación : **07.09.1999**

87 Número de publicación de la solicitud: **1112505**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **04.07.2001**

54 Título: **Localización de fallos en cables de energía eléctrica subterráneos.**

30 Prioridad: **08.09.1998 GB 9819586**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2007

73 Titular/es: **EA TECHNOLOGY LIMITED**
Capenhurst, Chester CH1 6ES, GB

72 Inventor/es: **Miller, Dawn, Elizabeth**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 268 880 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

Localización de fallos en cables de energía eléctrica subterráneos.

La presente invención se refiere a fallos eléctricos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos y a aparatos y métodos para localizar tales fallos.

Los cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos de baja tensión fallan por una pluralidad de razones, que incluyen el deterioro del aislamiento, el fallo de la protección ambiental y el daño mecánico del cable. La localización del punto exacto del fallo puede ser una tarea que requiere mucho tiempo y, generalmente, requiere más tiempo que la propia reparación, particularmente si se ha seguido un enfoque de excavación "por tanteo". Existe, también, el problema de fallos, intermitentes, de trayectoria de la corriente en la superficie del aislante, que, de modo transitorio, se resuelven espontáneamente, ya que activan un dispositivo de protección del circuito. Cuando se restablece la alimentación, el fallo parece haber desaparecido, para, simplemente, reaparecer con posterioridad. Tales fallos son notoriamente difíciles de localizar, perturbando considerablemente la alimentación, y, consiguientemente, son muy impopulares tanto entre las compañías eléctricas como entre los clientes.

Se usan distintos métodos de localización de fallos, con grados de efectividad variables. Puede usarse un puente de resistencias para localizar fallos de contacto. La medición se realiza equilibrando dos brazos de resistencia interna en relación con los dos brazos de resistencia externa representados por las longitudes del conductor de cable a ambos lados del fallo. En equilibrio, la razón entre los brazos de resistencia interna es igual a la razón entre los brazos de resistencia externa. Puede obtenerse la ubicación del fallo suponiendo que el cable tenga una resistencia constante por unidad de longitud.

Mediante reflectometría en el dominio del tiempo se emite un impulso en el cable a partir de un extremo y será reflejado completa o parcialmente por cualquier fallo en el cable. La velocidad de propagación del impulso a lo largo de un cable depende del dieléctrico del cable, y puede encontrarse en la literatura especializada, pero estos valores son sólo aproximados, variando en función del tipo de aislamiento, de su temperatura y de su envejecimiento. Pero, normalmente, puede usarse una velocidad de propagación obtenida a partir de una longitud conocida del mismo cable.

La velocidad de propagación del impulso se considera constante para un cable determinado, por tanto, el tiempo que tarda el impulso en volver a la fuente proporciona una medición de la distancia al fallo. Otras particularidades del cable, además de los fallos y los extremos, pueden dar lugar a reflexiones; entre ellas se incluyen los empalmes, los cambios de la sección transversal del cable y las fisuras en el núcleo, que producen pequeños desajustes, y los empalmes en T y los extremos de ramas en T, que producen desajustes más significativos.

Los cables de baja tensión consisten en varios tipos de cables, puestos a tierra en muchos puntos, con empalmes en T macizos que proporcionan servicios a los locales de los clientes. Como consecuencia de la complejidad de las redes de baja tensión no resulta posible, normalmente, reconocer particularidades discretas, ni siquiera las de cortocircuitos ni cortes, entre la multitud de particularidades que constituyen el

rastró del eco de un impulso típico. Un gran desajuste será visible claramente sólo si está muy cerca del punto con el que esté conectado el equipo de eco del impulso.

En la detección de fallos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos la gran mayoría de pruebas de localización se realizan usando un generador de golpe de corriente para crear ruido y vibración en el sitio del fallo. El generador de golpe de corriente funciona cargando un condensador, cuya capacidad puede ajustarse con objeto de variar la energía almacenada. Cuando el condensador se descarga en el cable se emite una onda de golpe con un frente abrupto, de energía muy elevada.

Si el golpe genera una tensión y una capacidad lo bastante elevadas como para provocar un fallo del aislante, aumenta la disipación de energía en el fallo y produce ruido y vibración. Ello produce una explosión muy fuerte, pero con el cable enterrado a una profundidad de entre medio metro y un metro el sonido es amortiguado, produciendo un ruido sordo que, a veces, puede oírse sin ayudas en la superficie del suelo, pero, con más frecuencia, sólo puede detectarse usando un micrófono de suelo sensible.

El proceso se repite cada pocos segundos y el operario puede caminar sobre la zona en duda, o a lo largo del cable, para precisar la ubicación del fallo.

Otro método de detección de fallos lleva consigo la verificación, en puntos a lo largo de la longitud del cable, de la presencia y la dirección de la señal electromagnética generada por la corriente producida por un impulso de tensión con frente abrupto en el momento del golpe. El equipo comprende una bobina de detección que alimenta un receptor con un indicador de polarización que proporciona la magnitud y la dirección de la señal. La bobina de detección está marcada, de modo que el mismo extremo apunte siempre a la fuente, con el fin de garantizar que la información direccional sea correcta. El método está limitado al uso en sistemas encerrados en conductos, puesto que la bobina de detección tiene que ser colocada directamente en el propio cable. Este método electromagnético es igualmente efectivo tanto en fallos por formación de arco eléctrico como por cortocircuito, ya que circula corriente en ambos casos.

El documento US 4.369.647 describe un detector de escapes de gas que comprende un sensor de gas de estado sólido y una bomba de succión para introducir gas, a lo largo de una trayectoria de entrada de gas, en el sensor de gas. El documento JP 03057978 describe un sensor de gas situado dentro de un elemento, de vulcanización continua, de conexión con un cable. Los gases generados en la descomposición de una cubierta de polietileno, debido a una descarga eléctrica, se difunden, a través de un espacio libre de la cubierta del cable, en dirección al sensor.

La invención ofrece un localizador de fallos eléctricos, como se expone en la reivindicación 1, y un método para localizar fallos eléctricos, como se expone en la reivindicación 13.

De modo ventajoso, pueden usarse cierto número de sensores de gas de estado sólido, simultáneamente, con diferentes características de sensibilidad a diferentes gases. Entonces, el patrón de las respuestas de los diferentes sensores proporciona una "huella digital" que puede usarse para identificar muestras de gases característicos de fallos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos.

Ventajosamente, los sensores de gas de estado sólido pueden ser sensores de gas de semiconductor de óxido de metal. Hay, disponibles comercialmente, sensores de gas de semiconductor que incluyen elementos de detección de dióxido de estaño y con una amplia gama de características de sensibilidad diferentes a gases diferentes. Típicamente, los sensores de gas de semiconductor de óxido de metal tienen una conductividad baja en aire limpio. En presencia de un gas detectable aumenta la conductividad del sensor, variando la respuesta de conductividad en función del tipo de gas y de su concentración en el aire. Pueden usarse, también, otros tipos de sensores de gas de estado sólido, tales como microbalanzas de cristal de cuarzo y dispositivos de ondas acústicas de superficie. Por tanto, la respuesta de los sensores de gas de estado sólido a gases detectables pueden medirse de modos distintos a cambios de la conductividad del sensor, por ejemplo, cambios de frecuencia resonante.

Típicamente, los sensores de gas de semiconductor de óxido de metal disponibles comercialmente incorporan elementos de calentamiento. Estos elementos de calentamiento pueden estar hechos de alambre de platino, cuya resistencia cambia con la temperatura, de modo que la temperatura del elemento pueda controlarse fácilmente mediante circuitería electrónica. Típicamente, el elemento sensor de semiconductor se encuentra muy cerca del elemento de calentamiento, por ejemplo, en la superficie de un tubo en la que esté posicionado el elemento de calentamiento, de modo que la temperatura del elemento sensor se aproxime a la del elemento de calentamiento. Como las características de sensibilidad de los sensores de gas de semiconductor de óxido de metal cambian con la temperatura de funcionamiento, los elementos de calentamiento pueden usarse, convenientemente, de modo que activen los sensores de gas a temperaturas adecuadas para optimizar la respuesta del aparato a gases y combinaciones de gases particulares. En consecuencia, el aparato, preferiblemente, incluye medios para alimentar los elementos de calentamiento con corriente y controlar sus temperaturas, y, por tanto, para controlar las temperaturas de funcionamiento de los sensores.

De modo preferido pueden usarse, al menos, cuatro sensores de gas de estado sólido en la cámara de detección. Menos sensores pueden comprometer la capacidad del aparato para distinguir entre gases característicos de fallos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos y otras combinaciones de gases. Pero demasiados sensores diferentes harán el aparato más voluminoso, complejo y costoso.

Preferiblemente, el aparato incluye un controlador de flujo de masa, para controlar el caudal de una muestra de gas que penetre en la cámara de detección.

Preferiblemente, el aparato incluye medios de calibración destinados a vigilar dichas señales cuando se introduzca aire limpio en la cámara de detección y a proporcionar una referencia de calibración para uso durante el análisis de dichas señales. Así, las respuestas de los sensores de gas cuando se expongan a una muestra de aire limpio pueden constituir referencias para medir los cambios de las respuestas cuando los sensores de gas se expongan a una muestra de gas.

Los sensores de gas de semiconductor de óxido de metal son sensibles a la humedad relativa y a la temperatura de la muestra de gas. Preferiblemente, por tanto, el aparato podrá incluir sensores para vigilar la

humedad relativa de la muestra de gas en la cámara de detección y la temperatura del aire. Entonces, las señales de estos sensores podrán ser usadas para el análisis de las señales mediante los sensores de gas de estado sólido, con el fin de compensar las variaciones de las respuestas de los sensores de gas como consecuencia de los cambios de la humedad relativa y de la temperatura del aire. Puede ser necesario, o conveniente, compensar solamente uno de estos dos parámetros. Desde luego, el requisito de compensar la temperatura del aire o la humedad relativa podría eliminarse si se usan sensores con sensibilidades muy bajas a estos parámetros, o si la humedad relativa o la temperatura de la muestra de gas se controlan de alguna manera. La temperatura del aire puede ser medida dentro o fuera de la cámara de detección, en correspondencia, por tanto, con la temperatura de la muestra de gas cerca del punto de medición o con la temperatura del aire ambiente.

En una realización de la invención, los medios de análisis para analizar las señales que representen las respuestas de los sensores de gas de estado sólido están previstos de modo que usen una suma ponderada de las respuestas de los sensores para identificar la presencia de gases característicos de fallos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos. En una realización alternativa, los medios de análisis están previstos de modo que usen una red neural destinada a identificar gases característicos. En otras realizaciones, para identificar gases característicos se usa el análisis de componentes principales o el análisis de función discriminante.

En una realización del método, se toma una muestra de gas de un agujero en la superficie del suelo cerca del presunto fallo del cable, y el gas de muestra se introduce en una cámara de detección que contenga, al menos, un sensor de gas de estado sólido. Se usa circuitería electrónica conectada con los sensores de gas para generar señales que representen las respuestas de los sensores de gas. A continuación, se analizan las señales para identificar la presencia, en el gas de muestra, de gases característicos de fallos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos.

Preferiblemente, el gas de muestra se introduce en la cámara de detección mediante una sonda que se inserta en el agujero en el suelo.

Ventajosamente, pueden perforarse varios agujeros en la superficie del suelo, en línea, por encima de un cable subterráneo. Analizando muestras de gas de cada uno de los agujeros, puede precisarse el agujero más próximo al fallo del cable determinando la muestra de gas con la concentración de gases característicos más elevada.

A continuación se describirán realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos, de los cuales:

la figura 1 es un diagrama de un dispositivo de la presente invención, en uso con la sonda que extrae aire de un agujero en el suelo, en la zona próxima a un fallo de un cable de transmisión de energía eléctrica subterráneo;

la figura 2 es una vista, en sección transversal, de la sonda y del alojamiento de los sensores del dispositivo de la figura 1;

la figura 3 es un diagrama, esquemático, que muestra los componentes principales de la unidad de control del dispositivo de la figura 1; y

la figura 4 es un diagrama, esquemático, que

muestra la circuitería electrónica de la interfaz de captación de datos de la unidad de control del dispositivo mostrado en la figura 1.

La figura 1 muestra una realización de la presente invención. La realización se muestra siendo usada para tomar una muestra del aire del agujero 1 en el suelo, en la zona próxima a un fallo 2 en un cable 3 de transmisión de energía eléctrica subterráneo. Se extrae aire del agujero 1 en el suelo, merced a una bomba de la unidad 8 de control, mediante una sonda 4 hueca, y se introduce en una unidad 5 de detección que contiene una agrupación de sensores de gas de semiconductor de óxido de metal. La unidad de detección está conectada con la bomba de la unidad 8 de control mediante a un conducto 7 de aire. La agrupación de elementos de detección de gas está conectada con la unidad 8 de control mediante un cable eléctrico 6 usado para leer información de la agrupación de sensores de gas.

La unidad de control contiene una bomba de aire y un controlador de flujo de masa para hacer pasar aire a través de la unidad de detección, electrónica para leer y digitalizar las conductividad es de los sensores de gas y la temperatura y la humedad relativa en la unidad de detección de gas, y circuitería para activar los elementos de calentamiento de los sensores de gas. La unidad 8 de control es accionada merced a un ordenador personal 10 conectado mediante un cable de conexión en serie. El ordenador calibra las conductividad es medidas para evaluar la temperatura del aire ambiente y la humedad relativa, y usa los resultados para determinar una medición de la concentración, en el aire de muestra, de gases generados, típicamente, como consecuencia del fallo de un cable.

La unidad de detección se ilustra con más detalle mediante la figura 2. La sonda tiene, aproximadamente, una longitud de 10 cm y un diámetro de 1 cm, y está hecha de un plástico robusto adecuado, tal como PTFE. Hay un filtro 11 montado en el extremo de la sonda para evitar la introducción de partículas finas en el equipo con la corriente de aire. Puede hacerse pasar aire limpio a través de la sonda, de vez en cuando, con fines de calibración, retirando la sonda del agujero en el suelo. El aire hecho pasar a través de la sonda penetra en una cámara 13 de la unidad de detección, en la que están montados varios sensores 12 de gas de semiconductor de óxido, de metal de tal manera que sus conexiones atraviesen la cámara para ser fijados en placas 14 de circuito impreso. Pueden usarse de cuatro a seis sensores 12 para conseguir un instrumento compacto con una sensibilidad razonable a los gases asociados con fallos de cables y que no responda indebidamente a gases encontrados en situaciones que no correspondan a la proximidad del fallo de un cable. Hay un sensor 15 de humedad relativa y un sensor 16 de temperatura del aire, montados, también, en las placas 14 de circuito impreso de tal manera que respondan al aire en la cámara de detección. En otra realización el sensor de temperatura del aire está situado fuera de la cámara de detección y mide la temperatura del aire ambiente.

Las placas 14 de circuito impreso están conectadas, mediante un cable 6, con la unidad de control. Se hace pasar aire, con un régimen de entre, aproximadamente, 100 ml y 200 ml por minuto, a través de la sonda y sobre los sensores de gas, por medio de un conducto 7 de aire conectado con la unidad de control. En otra realización, la cámara 13 de detección se llena con aire de muestra que, luego, queda estacionario en

ella durante el periodo de muestreo.

Los sensores 12 de gas de la unidad 15 de detección se seleccionan de modo que sean sensibles a gases característicos de fallos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos, tales como deceno, tolueno, naftaleno y furancarboxialdehído. Los gases característicos de fallos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos pueden determinarse mediante experimentos de laboratorio en los que se quemé, o someta a la acción de un arco eléctrico, aislamiento de cables de transmisión de energía eléctrica. Alternativamente, pueden analizarse muestras de tierra de sitios de fallos de cables. Pueden usarse espectrometría de masas y cromatografía de gases para determinar los gases generados en esos casos. Preferiblemente, tienen que usarse sensores que presenten una respuesta fuerte a tales gases, pero una respuesta débil a otros gases que probablemente se encuentren aún cuando no haya fallo de cables en la proximidad. En la presente realización, la sensibilidad de los sensores de semiconductor de óxido de metal a los gases objetivo puede maximizarse con un funcionamiento a temperaturas de detección apropiadas, determinadas experimentalmente o merced a la documentación del fabricante.

Seis sensores 12 de gas de semiconductor de óxido de metal que pueden ser adecuados para uso en la cámara 5 de detección de la presente invención son fabricados por Fígaro y tienen los siguientes códigos de fabricante: TGS 813, TGS 822, TGS 880, TGS 842, TGS 825, TGS 826.

Aunque la presente invención ha sido descrita usando sensores 12 de gas de semiconductor de óxido de metal, resultará evidente que, de modo similar, pueden usarse otros dispositivos de detección de gas de estado sólido adecuados. Por ejemplo, microbalanzas de cristal de cuarzo que incorporen un cristal de cuarzo piezoeléctrico en una de cuyas caras es sublimada una capa sensible a un gas. El cristal se emplea como elemento activo en un circuito de resonancia. A medida que aumente la masa de un gas detectable absorbido sobre la superficie revestida, la frecuencia de oscilación disminuirá linealmente. Un cristal de cuarzo no revestido puede ser usado como referencia de frecuencia para compensar las fluctuaciones de temperatura. Pueden usarse, también, dispositivos de ondas acústicas de superficie como sensores de gas de estado sólido adecuados. A medida que se absorban gases sobre la superficie de detección del cristal de un dispositivo de ondas acústicas de superficie, cambiará la velocidad de la onda acústica en la superficie del cristal. La respuesta de tales dispositivos a la presencia de gases particulares no será, necesariamente, en términos de conductividad, de modo que la circuitería usada para activar y leer la respuesta de los sensores de gas puede ser diferente a la descrita en relación con la realización de la invención, en la que se usan dispositivos de semiconductor de óxido de metal.

Las partes funcionales incorporadas en la unidad de control se muestran en la figura 3. El flujo de datos e instrucciones se muestra mediante flechas en las líneas que conectan los componentes. La alimentación de energía se muestra mediante líneas gruesas. La unidad 20 de flujo de gas incorpora una bomba de aire y un controlador de flujo de masa para hacer pasar aire a través del instrumento con un régimen determinado. La interfaz 21 de control contiene dos partes funcionales. Estas partes consisten en circuitos de alimenta-

ción de energía para los elementos de calentamiento de los sensores de gas y circuitos de control para la unidad de flujo de gas. La interfaz de control se controla, a su vez, mediante el ordenador portátil. La interfaz 22 de captación de datos lee las conductividades de los sensores de gas de la unidad de detección. Los sensores de humedad relativa y de temperatura del aire de la unidad de detección se leen, también, mediante esta circuitería. Esta información es digitalizada y comunicada mediante un enlace en serie al ordenador portátil. Una fuente 23 de alimentación, tal como una batería, está prevista en la unidad de control para alimentar los otros componentes. Alternativamente, puede estar prevista una fuente de alimentación externa.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques de la interfaz 22 de captación de datos de la presente realización. La realización física de este sistema consiste en dos placas de circuito impreso dimensionadas de igual manera. Una placa presenta un subsistema 30 de microcontrolador 8031 estándar de Intel. Este microcontrolador incluye memorias de programa y de datos. Las conexiones con el microcontrolador incluyen líneas 31 de control, bus 32 de direcciones, bus 33 de datos y un enlace 34 de datos en serie. La segunda placa de circuito impreso aloja la electrónica analógica. Ello incluye un subsistema multiplexor 35 con anulación de resistencia "activa", un subsistema 36 de acondicionamiento de señal, y un convertidor 37 analógico-digital (AD). Los circuitos 26 de acondicionamiento de señal están conectados directamente con los sensores de gas de semiconductor de óxido de metal y generan tensiones proporcionales a las resistencias de los elementos de detección. Estas señales se presentan, por turnos, al convertidor 37 AD, mediante los circuitos 35 de multiplexado analógico.

El subsistema 30 de microcontrolador controla la selección secuencial de la entrada 38 de cada sensor y, también, genera las señales de control requeridas por el convertidor AD. Cada lectura de tensión digitalizada se almacena en la memoria de acceso aleatoria del microcontrolador 30. El microcontrolador transmite datos de detección almacenados al ordenador personal a través del enlace 34 de datos en serie. Los datos en serie, también, pueden ser recibidos por la interfaz, con objeto de permitir el control externo de las funciones de la interfaz.

Puede usarse un ordenador portátil para obtener un control global del equipo y para interpretar las lecturas de los sensores, con el fin de determinar una medición de la concentración de gases objetivo característicos de fallos de cables subterráneos. Idealmente, se obtiene una única medición de concentración de gas objetivo, de modo que el funcionamiento del instrumento en la ubicación del fallo de un cable implique, simplemente, buscar la ubicación en la que la única medición de concentración de gas objetivo sea máxima. Una medición de este tipo puede obtenerse a partir de las respuestas de los sensores de gas merced a una pluralidad de medios. Puede ser suficiente una suma ponderada simple de las respuestas, en la que las ponderaciones óptimas de las respuestas de los sensores puedan determinarse mediante calibración usando muestras de tierra de sitios de fallo de cable. Pueden ser deseables dos o más grupos de ponderaciones que correspondan a dos o más tipos de aislamiento de cable diferentes, tales como PVC y papel impregnado

con aceite, que liberen gases característicos diferentes al quemarse.

Puede usarse una medición más compleja de la concentración de gas objetivo. Por ejemplo, puede existir una red neural destinada a discriminar entre muestras de los gases objetivo y muestras limpias o que contengan otras mezclas de gases encontrados habitualmente. Otros métodos para determinar la concentración de gases objetivo pueden incluir análisis de componentes principales y análisis de función discriminante o cualquier otro método estadístico adecuado.

El uso, en la unidad de detección, de cierto número de sensores de gas con características de respuesta diferentes a gases diferentes permite al aparato determinar un vector multidimensional o huella dactilar de respuestas de referencia para comparar respuestas características de combinaciones de gases objetivo usando cualquier método adecuado, tal como la suma ponderada o los métodos de red neural mencionados en lo que antecede. Por tanto, usando un número mayor de sensores de gas de estado sólido el aparato estará capacitado de mejor manera para distinguir entre combinaciones de gases característicos de fallos de cables y otras combinaciones de gases que puedan encontrarse. Demasiados sensores de gas harían más voluminoso, complejo y costoso el aparato y podrían no mejorar significativamente sus prestaciones. El aumento del número de sensores de gas aumentaría, también, el consumo de energía del dispositivo y la complejidad de la lógica y la electrónica. Ventajosamente, pueden usarse entre cuatro y seis sensores de gas diferentes, aunque puede lograrse un funcionamiento satisfactorio mediante una selección cuidadosa de un número menor de sensores.

El ordenador recibe información digitalizada de los sensores de temperatura y humedad relativa de la unidad de detección. Estas lecturas se usan para corregir las respuestas de los sensores medidas. La conductividad es de los sensores de gas de semiconductor de óxido de metal dependen en gran medida de estos factores ambientales. De vez en cuando, durante el funcionamiento, puede tomarse una muestra de aire limpio retirando la sonda de la proximidad del fallo del cable. Entonces, las respuestas de los sensores de gas con aire limpio proporcionan un punto de referencia de calibración. Este procedimiento de calibración permite compensar cualquier deriva a largo plazo de las respuestas de los sensores. Alternativamente, puede preverse una admisión de aire limpio en la cámara de detección de gas, de funcionamiento manual o automático.

En la realización descrita en lo que antecede, se usa un ordenador portátil separado para el control de los instrumentos, el tratamiento de datos y la presentación. En otras realizaciones pueden incluirse, en la propia unidad de control, una unidad de microprocesador u otros componentes electrónicos adecuados. Como sólo se requiere una única medición de concentración de gas objetivo para la ubicación del fallo de un cable, una única presentación alfanumérica o fila de diodos fotoemisores puede proporcionar una presentación de datos suficiente para un funcionamiento satisfactorio del instrumento. Una realización de este tipo puede construirse de modo que pueda transportarse con más facilidad y que sea más compacta y más fácil de utilizar que un ordenador portátil independiente.

Pueden localizarse fallos de cables de baja tensión subterráneos usando el aparato de detección de fallos de cables descrito en lo que antecede. La sonda usada para introducir un gas de muestra en la cámara de detección puede insertarse en un pequeño agujero perforado en el suelo en la presunta proximidad del fallo de un cable. La detección de cantidades significativas de gases característicos de fallos de cables puede tomarse como indicación de que, efectivamente, hay un fallo en un cable localizado en la proximidad.

Pueden realizarse perforaciones a intervalos regulares en el suelo a lo largo de la longitud del cable enterrado e insertarse, en cada agujero, la sonda del aparato de detección de fallos de cables para tomar muestras de los gases presentes en la tierra. Cuando

haya sido realizada otra operación de localización de fallos usando otros medios de detección de fallos, y ya exista una estimación de la posición del fallo, pueden hacerse perforaciones, a poca distancia unas de otras, en la región estimada del fallo. La posición de la perforación que ofrezca la medición máxima de concentración de gas indicará la posición del fallo.

Pueden localizarse fallos intermitentes de cables con más facilidad usando una realización de la presente invención. Un fallo intermitente puede hacer que gases característicos se filtren en el suelo en torno al fallo del cable. Durante los periodos en los que el cable esté funcionando normalmente los gases característicos pueden seguir detectándose.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un localizador de fallos eléctricos para localizar fallos (2) eléctricos en cables (3) de transmisión de energía eléctrica subterráneos, que comprende:

una pluralidad de sensores (12) de gas de estado sólido montados en una cámara (13) de detección, una sonda (4) hueca conectada con la cámara de detección y destinada a tomar muestras a partir de un agujero (1) en la superficie del suelo, por encima de un presunto fallo (2) de un cable, medios para introducir gas de muestra, a través de la sonda, en la cámara de detección, circuitería electrónica (22) conectada con los sensores de gas para generar señales que representen las respuestas de los sensores, medios (10) para analizar dichas señales con objeto de identificar la presencia, en dicho gas de muestra, de gases característicos de fallos en cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos, y medios (10) para indicar el resultado del análisis.

2. El aparato según la reivindicación 1, en el que dichos sensores (12) de gas de estado sólido consisten en sensores de gas de estado sólido con características de sensibilidad diferentes a gases diferentes.

3. El aparato según la reivindicación 1, en el que los sensores (12) de gas de estado sólido son sensores de gas de semiconductor de óxido de metal.

4. El aparato según la reivindicación 3, en el que dichos sensores (12) de gas de semiconductor de óxido de metal incorporan elementos de calentamiento, y el aparato incluye medios (21) para activar dichos elementos de calentamiento y controlar sus temperaturas y, por tanto, controlar las temperaturas de funcionamiento de dichos sensores de gas de semiconductor de óxido de metal.

5. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que hay, al menos, cuatro de dichos sensores (12) de gas de estado sólido.

6. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye un controlador (20) de flujo de masa para controlar el flujo de entrada de dicho gas de muestra en dicha cámara (13) de detección.

7. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye medios de calibración destinados a vigilar dichas señales cuando se introduzca aire limpio en dicha cámara (13) de detección y a proporcionar una referencia de calibración para uso durante el análisis de dichas señales.

8. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye un sensor (15) de humedad relativa posicionado en dicha cámara (13) de detección y medios conectados con dicho sensor de humedad relativa para compensar las respuestas de los sensores (12) de gas de estado sólido en relación con los cambios de la humedad relativa.

9. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye un sensor (16) de temperatura del aire y medios conectados con dicho sensor de temperatura del aire para compensar las respuestas de los sensores (12) de gas de estado sólido en relación con los cambios de la temperatura del aire.

10. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones

1 a 9, en el que los medios (10) de análisis están previstos para usar una suma ponderada de las repuestas de dichos sensores (12) de gas de estado sólido.

11. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los medios (10) de análisis están previstos para usar una red neural destinada a identificar muestras de dichos gases a partir de las repuestas de dichos sensores (12) de gas de estado sólido.

12. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los medios (10) de análisis están previstos para usar el método de análisis de componentes principales o el método de análisis de función discriminante.

13. Un método para localizar fallos (2) en cables (3) subterráneos, que comprende los pasos de:

extraer muestras de gas de ubicaciones cerca de un presunto fallo (2) eléctrico de un cable subterráneo;

exponer, al menos, un sensor (12) de estado sólido a dichas muestras de gas; y

vigilar los cambios consiguientes de las respuestas de los sensores de gas de estado sólido y determinar, a partir de ellos, una indicación de la ubicación del fallo eléctrico.

14. El método según la reivindicación 13, en el que el primer paso comprende extraer dichas muestras de gas a partir de agujeros (1) en la superficie del suelo cerca de dicho presunto fallo (2) del cable, e introducir dichas muestras de gas en una cámara (13) de detección que contenga dicho, al menos, un sensor (12) de gas de estado sólido, el tercer paso, de vigilancia, comprende usar circuitería electrónica (22) conectada con dichos sensores de gas de estado sólido para generar señales que representen las respuestas de dichos sensores de gas de estado sólido, y el cuarto paso, de determinación, comprende analizar dichas señales para identificar la presencia, en dichas muestras de gas, de gases característicos de fallos de cables de transmisión de energía eléctrica subterráneos.

15. El método de la reivindicación 14, en el que dichas muestras de gases se introducen en dicha cámara (13) de detección usando una sonda (4) que se inserta en dichos agujeros (1) en la superficie del suelo.

16. El método de las reivindicaciones 14 o 15, en el que varios de dichos agujeros (1) son perforados en la superficie del suelo, en línea, por encima de un cable (3) subterráneo, dichas muestras de gas se toman a partir de cada uno de los agujeros, y en el que la máxima concentración de gases característicos del fallo de un cable de transmisión de energía eléctrica subterráneo se usa para indicar el agujero más próximo al fallo (2) del cable.

17. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, en el que dichos sensores (12) de gas de estado sólido consisten en sensores de gas de estado sólido con características de sensibilidad diferentes a gases diferentes.

18. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, en el que los sensores (12) de gas de estado sólido son sensores de gas de semiconductor de óxido de metal.

19. El método de la reivindicación 18, en el que dichos sensores (12) de gas de semiconductor de óxido de metal son activados a las temperaturas deseadas por medio de elementos de calentamiento incorporados en ellos.

20. El método de cualquiera de las reivindicaciones

nes 13 a 19, en el que se usan, al menos, cuatro sensores (12) de gas de estado sólido.

21. El método de cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, en el que se usa un controlador (20) de flujo de masa para controlar el flujo de entrada de dichas muestras de gas en dicha cámara (13) de detección.

22. El método de cualquiera de las reivindicaciones 14 a 21, en el que se usan medios de calibración destinados a vigilar dichas señales cuando se introduzca aire limpio en dicha cámara (13) de detección, con objeto de proporcionar una referencia de calibración para uso durante el análisis de dichas señales.

23. El método de cualquiera de las reivindicaciones 14 a 22, en el que la señal de un sensor (15) de humedad relativa posicionado en dicha cámara de detección se usa para compensar las respuestas de dichos sensores (12) de gas de estado sólido en relación con los cambios de la humedad relativa.

24. El método de cualquiera de las reivindicaciones 14 a 23, en el que la señal de un sensor (16) de temperatura del aire se usa para compensar las respuestas de los sensores (12) de gas de estado sólido en relación con los cambios de la temperatura del aire.

25. El método según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 24, en el que el paso de determinar usa una suma ponderada de las respuestas de dichos sensores (12) de gas de estado sólido.

26. El método según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 24, en el que el paso de determinar usa una red neural destinada a identificar muestras de dichos gases a partir de las respuestas de dichos sensores (12) de gas de estado sólido.

27. El método según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 24, en el que el paso de determinar usa el análisis de componentes principales o el análisis de función discriminante.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1.

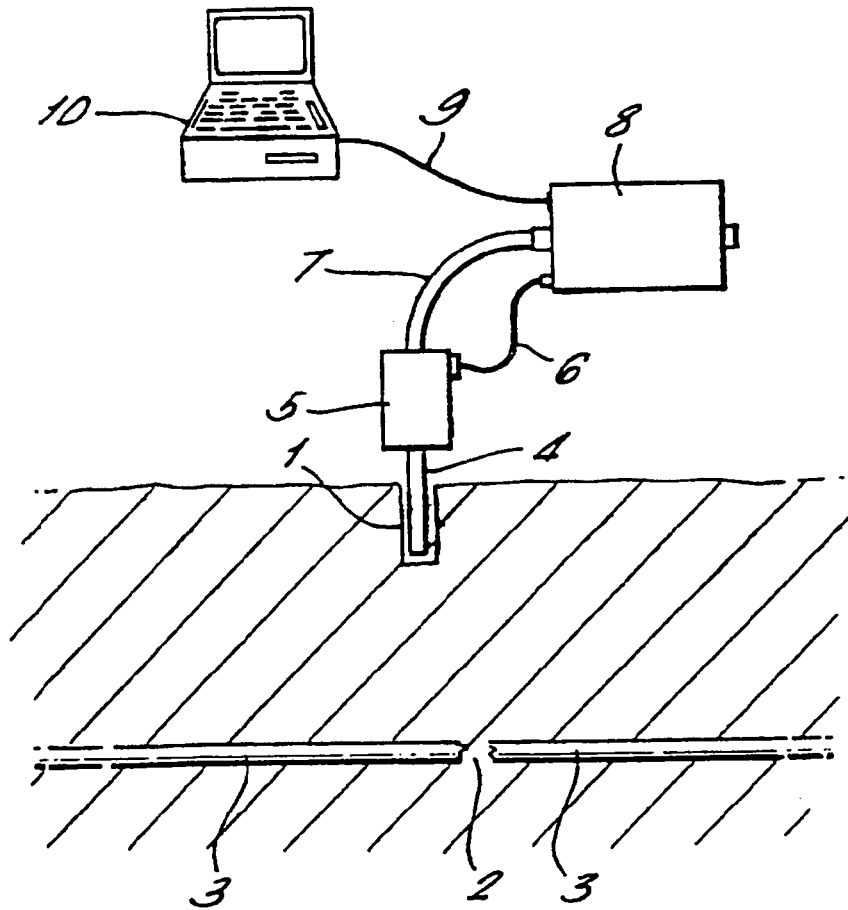


FIG. 2.

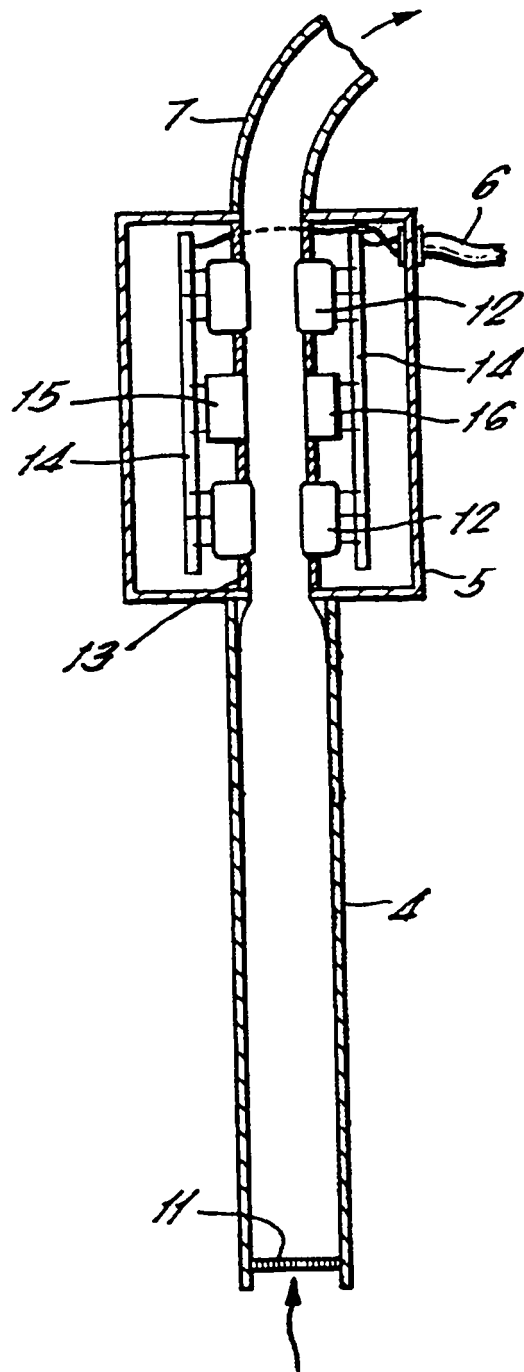
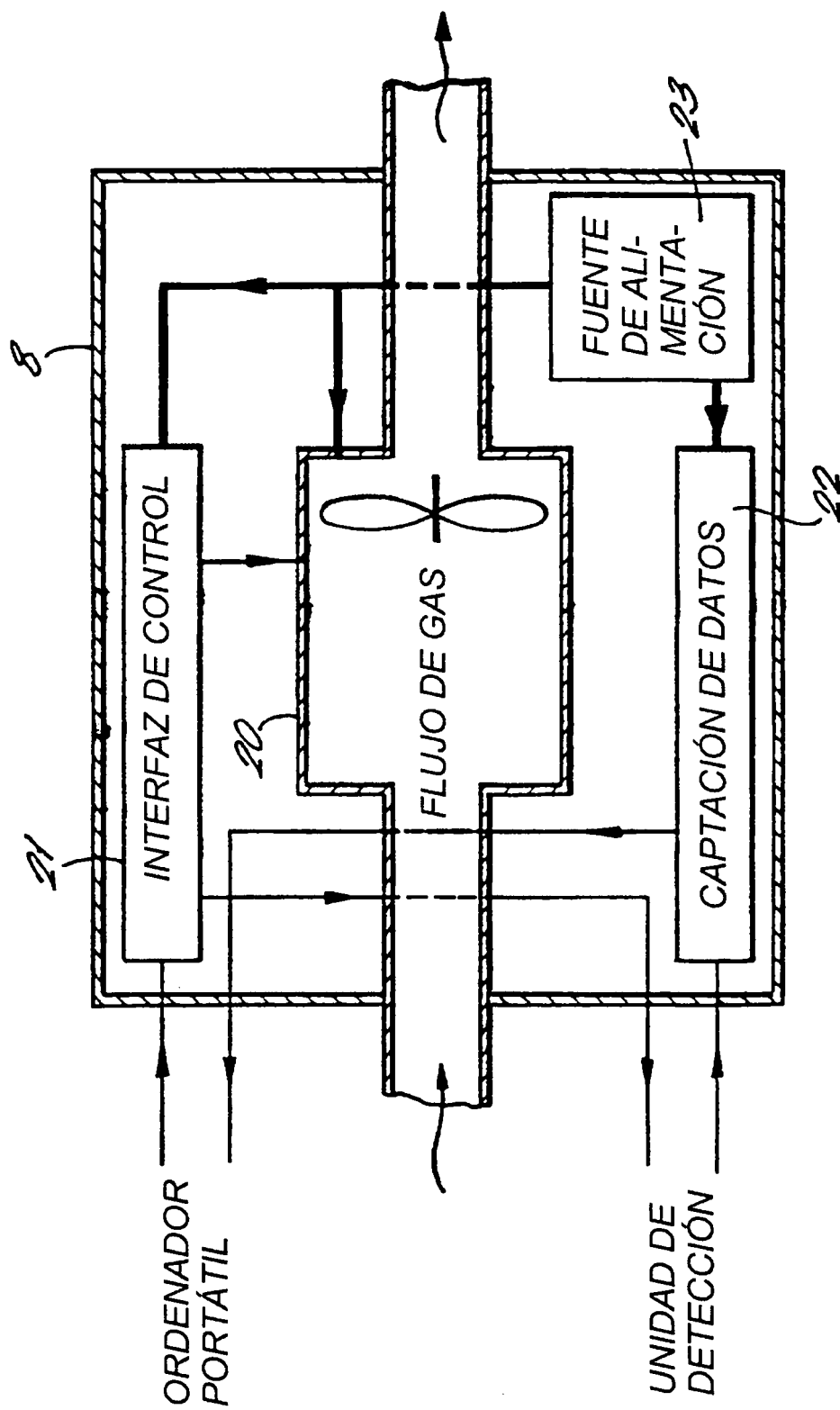


FIG. 3.



ENTRADAS DE LOS SENSORES

