

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 461**

51 Int. Cl.:

G01R 31/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2014** **E 14178818 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019** **EP 2833157**

54 Título: **Identificación de cables eléctricos defectuosos**

30 Prioridad:

29.07.2013 US 201313952759

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

02.03.2020

73 Titular/es:

BIOSENSE WEBSTER (ISRAEL) LTD. (100.0%)
4 Hatnufa Street
Yokneam 2066717, IL

72 Inventor/es:

DULGER, OLEG

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 745 461 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

Identificación de cables eléctricos defectuosos

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere en general a cables eléctricos, y en particular a métodos para identificar cables eléctricos defectuosos.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] En la técnica se conocen varios métodos y sistemas para probar cables eléctricos. Por ejemplo, la patente europea EP0403547 describe un ensayador automático para un cable de varios hilos que tiene una unidad remota para conectar un extremo de un cable para unir directamente los cables para formar cables emparejados hacia adelante y de regreso y una unidad local conectada al otro extremo del cable.

[0003] La patente de EE.UU. 5,155,440 describe un aparato de mano para arnés de cables de prueba para defectos y deficiencias de rendimiento comprende tres conjuntos de referencias de voltaje, CMOS de circuitos de comparador, interruptores DIP programables, una pantalla LED de estado para la detección de error, un LED para la indicación de condición del sistema general y una fuente de energía.

[0004] La patente de EE.UU. 5,420,512 describe un sistema de prueba de cable electrónico para la determinación de circuito abierto, corto circuito, y la cartografía de cruce entre los hilos de un cable, el uso que se hace de una unidad de extremo conectado con un extremo del cable y operable entre los modos de señal resistiva y de frecuencia, y una unidad de extremo cercano conectada con el extremo cercano de la unidad para determinar las condiciones de circuito abierto y cortocircuito de los cables durante el modo resistivo, y para mapear el cruce entre los cables durante el modo de señal de frecuencia .

30 SUMARIO DE LA INVENCION

[0005] Una realización de la presente invención descrita en este documento proporciona un procedimiento que incluye el acoplamiento de un cable eléctrico, incluyendo múltiples cables, a los circuitos que incluye un banco de resistencias mediante el acoplamiento de los primeros extremos de los cables a respectivas primeras resistencias, y segundos extremos de los cables a las respectivas segundas resistencias. Se aplica un voltaje de entrada a los circuitos, incluido el cable. Se mide una ganancia de los circuitos, incluido el cable. Los valores de resistencia en el banco de resistencias se eligen de modo que cada defecto esperado en el cable eléctrico se traduzca en un valor diferente de la ganancia medida. En función de la ganancia medida, se identifican uno o más de los cables defectuosos del cable. Se emite una indicación de los cables defectuosos.

[0006] En algunas realizaciones, las primeras resistencias tienen resistencias que son múltiplos impares de una resistencia R, y las segundas resistencias tienen las resistencias que son múltiplos pares de R. En aún otras formas de realización, la identificación de los uno o más cables defectuosos incluye la identificación de un circuito abierto en uno o más de los cables al detectar que la ganancia medida es menor que la ganancia esperada para un cable no defectuoso.

[0007] En algunas realizaciones, la identificación de los uno o más cables defectuosos incluye la identificación de un cortocircuito entre dos o más de los cables al detectar que la ganancia medida es mayor que una ganancia esperada para un cable no defectuoso. En otras realizaciones, identificar uno o más cables defectuosos incluye almacenar una lista predefinida de ganancias para los defectos esperados respectivos en el cable, y determinar el uno o más cables defectuosos encontrando en la lista un defecto esperado que coincida con la ganancia medida. En otras formas de realización más, medir la ganancia incluye medir la ganancia de un amplificador operacional inversor con una resistencia de retroalimentación y una resistencia de entrada equivalente, la resistencia de entrada equivalente que incluye los múltiples cables en el cable.

[0008] Se proporciona adicionalmente en el presente documento, de acuerdo con una realización de la presente invención, un aparato que incluye circuitería y una interfaz para el acoplamiento a un cable eléctrico que incluye múltiples cables. La circuitería incluye primeras resistencias (100) acopladas a los respectivos primeros extremos de los cables, y segundas resistencias (105) acopladas a los respectivos segundos extremos de los cables, y está configurada para medir una ganancia de la circuitería que incluye el cable al aplicar una entrada tensión a la misma. Los valores de resistencia en el banco de resistencias se eligen de modo que cada defecto esperado en el cable eléctrico (20) se traduzca en un valor diferente de la ganancia medida. El circuito está configurado para identificar uno o más de los cables del cable que son defectuosos, en función de la ganancia medida, y para emitir una indicación de los cables defectuosos.

[0009] La presente invención se entenderá más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de las

realizaciones de la misma, tomada junto con los dibujos en los que:

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 [0010]

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente un conjunto de prueba de cable, de acuerdo con una realización de la presente invención;

10 La figura 2 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un circuito de prueba de cable, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente un método para identificar cables defectuosos en un cable eléctrico, de acuerdo con una realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES

15

VISIÓN GENERAL

20 [0011] Las realizaciones de la presente invención descritas en el presente documento proporcionan métodos y sistemas mejorados para identificar cables eléctricos defectuosos. En las realizaciones descritas, un cable con múltiples cables está acoplado a un conjunto de prueba de cable, que mide la ganancia de un circuito de prueba que incluye el cable. El circuito de prueba comprende un banco de resistencias, es decir, resistencias múltiples que están acopladas a los respectivos cables del cable bajo prueba. Si uno o más cables en el cable son defectuosos, la ganancia medida del circuito de prueba diferirá de la ganancia esperada para un cable no defectuoso.

25 [0012] Por otra parte, con un circuito de prueba correctamente diseñado, la ganancia medida es inequívocamente indicativa del defecto real. La ganancia medida puede indicar, por ejemplo, cuál de los cables está roto o qué par de cables están en cortocircuito. Por lo tanto, el conjunto de prueba puede detectar defectos tanto de circuito abierto como de cortocircuito en un cable de varios hilos, utilizando solo una medición de ganancia única.

30 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

[0013] La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente un conjunto de prueba de cable (CTS) 10, de acuerdo con una realización de la presente invención. Un cable bajo prueba 20 que comprende N cables, donde N es un número entero, está acoplado a CTS 10 a través de una interfaz de cable a circuito de prueba 23. En algunas realizaciones, el cable 20 comprende N cables que están acoplados a CTS 10 a través de un primer conector 13 en un primer extremo del cable 20, y a través de un segundo conector 16 en un segundo extremo del cable 20. Los conectores primero y segundo acoplan los cables múltiples a la interfaz 23.

40 [0014] La interfaz 23 está configurada para enrutar los N cables en el cable 20 desde el primer conector 13 a un primer conjunto 25 de interconexiones en CTS 10, y desde el segundo conector 16 a un segundo conjunto 30 de interconexiones en CTS 10. El primero y el segundo conjuntos de interconexiones se puede formar en cualquier sustrato adecuado utilizando cualquier conductor adecuado, o pueden ser cables internos en CTS 10. El primer y segundo conjuntos de interconexiones se acoplan en un circuito de prueba de cable 35. La salida de CTS 10 se acopla posteriormente a un convertidor analógico a digital (A/D) 40 y un procesador 45.

45 [0015] El procesador 45 está configurado para identificar cuáles de los N cables en el cable 20 son defectuosos de las mediciones de ganancia realizadas por el circuito de prueba de cable 35. El valor de la medición de ganancia se digitaliza posteriormente en A/D 40 y se transmite al procesador 45. En algunas realizaciones, el procesador 45 usa datos almacenados en una tabla de búsqueda (LUT) 50 que correlaciona configuraciones de cables defectuosos predefinidos con la ganancia medida para identificar uno o más cables defectuosos en el cable 20. CTS 10 luego envía una indicación a un usuario que identifica qué cables entre los N cables en el cable 20 son defectuosos. La salida puede proporcionarse, por ejemplo, a una pantalla de salida 55.

55 [0016] La configuración del sistema como se muestra en la Fig. 1 es una configuración ejemplar, que se representa meramente en aras de la claridad conceptual. Alternativamente, se puede usar cualquier otra configuración de sistema adecuada para realizar las funciones descritas en este documento. Algunos elementos del conjunto de prueba de cable 30 pueden implementarse en hardware, por ejemplo, en uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) o matrices de puertas programables en campo (FPGA). Adicionalmente o alternativamente, algunos elementos del conjunto de prueba de cable 10 pueden implementarse usando software, o usando una combinación de elementos de hardware y software. En algunas realizaciones, el procesador 45 comprende una computadora de propósito general, que está programada en software para llevar a cabo las funciones descritas en este documento. El software puede descargarse a la computadora en forma electrónica, por ejemplo a través de una red, o puede, alternativamente o adicionalmente, proporcionarse y/o almacenarse en medios tangibles no transitorios, como memoria magnética, óptica o electrónica.

65

IDENTIFICACIÓN DE CABLES DEFECTUOSOS EN UN CABLE

[0017] La figura 2 es un diagrama que ilustra esquemáticamente el circuito de prueba de cable 35, de acuerdo con una realización de la presente invención. El circuito de prueba de cable 35 comprende un amplificador 110 y un banco de resistencias, que comprende un primer banco de N resistencias 100 y un segundo banco de N resistencias 105. En la realización de la Fig. 2, los N cables en el cable 20 conectan las N resistencias en primer banco 100 a las respectivas resistencias N en el segundo banco 105.

[0018] En algunas realizaciones, el primer banco resistor 100 comprende resistencias con valores respectivos de múltiplos impares de cierta resistencia de línea de base R (por ejemplo, R, 3R, 5R, ..., [2N-3]R, y [2N-1]R). De manera similar, el segundo banco de resistencias 105 comprende resistencias con valores respectivos de múltiplos pares de resistencia R (por ejemplo, 2R, 4R, 6R, ..., [2N-2]R y 2NR) como se muestra en la Fig. 2. Los cables N en el cable 20 se denotan aquí como CABLE (1), CABLE (2), CABLE (3), ... CABLE (N-1) y CABLE (N) con los índices de cable 1, 2, 3, ... N-1, N, respectivamente. En otras realizaciones, se pueden usar cualquier otro valor de resistencia adecuado en el primer y segundo bancos de resistencias.

[0019] El conector 13 encamina los N cables múltiples en el primer extremo del cable 20 al primer conjunto 25 de N interconexiones que salen de la interfaz 23 que acoplan los cables N a las resistencias N mostradas en el primer banco de resistencias 100. De manera similar, el conector 16 encamina los cables N en el segundo extremo del cable 20 al segundo conjunto 30 de N interconexiones que salen de la interfaz 23 que acoplan los N cables a las respectivas resistencias N mostradas en el segundo banco de resistencias 105. De esta manera, el cable 20 con el conector 13 y el conector 15 está eléctricamente acoplado al circuito 35 mostrado en la Fig. 2, y se incluyen en la medida de ganancia de circuito 35.

[0020] En la configuración ejemplar mostrada en la Fig. 2, el circuito de prueba de cable 35 comprende un amplificador operacional inversor. El amplificador 110 está sesgado con tensiones de +V_B y -V_B. La magnitud de la ganancia G del circuito amplificador operacional inversor viene dada por:

$$(1) \quad R_F = -G \cdot R_{EQ}$$

donde una resistencia de realimentación 115 tiene valor de la resistencia R_F. La resistencia de entrada equivalente R_{EQ} del banco de resistencias del amplificador inversor, incluidos los N cables, para un cable no defectuoso, viene dada por:

$$(2) \quad R_{EQ} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{(2i-1)R + 2iR}}$$

[0021] Una entrada de tensión V_{IN} se aplica al circuito 35 incluyendo el cable 20. El voltaje V_{OUT} de salida del amplificador 110 se mide y típicamente se utiliza para calcular la ganancia medida G, (es decir, G = V_{OUT}/V_{IN}), que es equivalente a la ganancia en las ecuaciones (1) y (2) definidas por los valores de resistencia mostrados en los bancos de resistencias primero 100 y segundo 105 mostrados en la Fig. 2 si el cable no es defectuoso.

[0022] En las realizaciones presentadas en el presente documento, el procesador 45 identifica configuraciones de cable defectuosas utilizando la ganancia medida G de circuito de prueba de cable 35. Cuando el cable 20 tiene uno o más cables defectuosos, el valor de ganancia medido de circuito 35 es diferente del valor de ganancia esperada de un cable no defectuoso. Las configuraciones de cables defectuosos pueden comprender uno o más cables entre los N cables con un circuito abierto, un cortocircuito entre los diferentes N cables múltiples en el cable o cualquier otro defecto que resulte en un valor de ganancia medido diferente del valor de ganancia esperado para un cable no defectuoso dado por las ecuaciones (1) y (2).

[0023] Cada combinación de emparejamiento de las resistencias en el primer banco 100 (por ejemplo, R, 3R,...), hilos en el cable 20 (por ejemplo, el cable (1), el cable (2), ...) y resistencias en segundo banco 105 (p. ej., 2R, 4R, ...) contribuyen de manera diferente a R_{EQ} en la ecuación (2). Por lo tanto, la ganancia en la ecuación (1) se ve afectada de manera diferente por un defecto en el CABLE (1) en comparación con el CABLE (N) en los N cables del cable.

[0024] Los valores de resistencia en el banco de resistencias se eligen típicamente de modo que cada defecto esperado en cable 20 (por ejemplo, cable abierto o cortocircuito) se traducirá en una ganancia diferente del circuito de ensayo. Con esta elección de resistencias, la ganancia medida proporciona una identificación inequívoca del defecto real.

[0025] En algunas realizaciones, las tablas de búsqueda que almacenan la ganancia calculada para diversas configuraciones de cable defectuosas se calculan y almacenan en la LUT 50. La ganancia medida puede compararse entonces a las diferentes configuraciones de cable defectuosas con el fin de identificar específicamente los índices de cable del uno o más cables defectuosos en el cable.

[0026] Las realizaciones mostradas en las Figs. 1 y 2 se eligen por claridad conceptual y no como limitación de las realizaciones de la presente invención. En realizaciones alternativas, se puede usar cualquier otro conjunto de prueba y configuración de circuito de prueba adecuados. El amplificador 110 puede comprender cualquier configuración de amplificador adecuada. Cualquier parámetro medible adecuado del amplificador puede usarse para identificar uno o más cables defectuosos. La ganancia medida del circuito de prueba en el juego de cables de prueba 10 no se limita a la medición de ganancia del circuito de prueba de cable 35.

[0027] Para ilustrar adicionalmente el método descrito en el presente documento de identificación de configuraciones de cable defectuosas a partir de las mediciones de ganancia, los cálculos de ejemplo de los voltajes de ganancia y salida en voltios para diferentes configuraciones de cable defectuosas se muestran en las Tablas I-IX. Las Tablas I-III muestran valores de ganancia para configuraciones de cable abierto y en cortocircuito para un cable con cuatro cables ($N = 4$), las Tablas IV-VI muestran valores de ganancia para configuraciones de cable abierto y en cortocircuito para un cable con veinte cables ($N = 20$), y las Tablas VII-IX muestran valores de ganancia para configuraciones de cable abierto y en cortocircuito para un cable con ochenta cables ($N = 80$). Para las configuraciones de defectos de cable que se muestran en las Tablas I-IX, la ganancia calculada para un cable no defectuoso (normal) es 100 para un voltaje de entrada $V_{IN} = 50$ mV y $R_F = 100 \cdot R_{EQ}$.

[0028] Las Tablas I-IX muestran configuraciones específicas de defectos de cable en las que un cable está en circuito abierto (como se indica mediante "CABLE CON CIRCUITO ABIERTO" en las Tablas I, IV y VII), o en cortocircuito a otro cable entre los N cables múltiples en el cable (indicado por "PARES DE CORTOCIRCUITO" en las Tablas II, III, V, VI, VIII y IX). En la Tabla II, por ejemplo, se calcula una ganancia de 100.6010929 cuando el CABLE (1) está en corto a CABLE (2), y este par de cortocircuito se denomina CABLE (1)/CABLE (2).

[0029] Paramétricamente, el valor de la ganancia y la disminución de voltaje de salida para los cables de circuito abierto como se muestra en las Tablas I, IV, y VII. De manera similar, el valor de la ganancia de voltaje de ganancia y salida aumenta para los cables de cortocircuito como se muestra en las Tablas II, III, V, VI, VIII y IX. Al comparar la ganancia medida del circuito de prueba de cable con la ganancia calculada que se muestra en las Tablas I-IX, un cable de circuito abierto puede identificarse por una ganancia medida menor que la ganancia calculada. Del mismo modo, un cable en cortocircuito puede identificarse por una ganancia medida mayor que la ganancia calculada.

[0030] En el caso de cables con defectos de circuito abierto en el cable, el valor de las resistencias de N aumentan progresivamente en el primer banco de resistencias 100 (por ejemplo, R, 3R, 5R, ..., $[2N-3]R$, y $[2N-1]R$) y en el segundo banco de resistencias 105 (p. ej., 2R, 4R, 6R, ..., $[2N-2]R$ y $2NR$) como se puede ver en la Fig. 2. Como resultado, los cables en circuito abierto con un índice de cable bajo (p. ej., CABLE (1) en la Tabla I) tienen un impacto mucho mayor en R_{EQ} y ganancia G ya que los valores de resistencia en esas ramas en el banco de resistencias son más bajos en contraste con las ramas con cables en circuito abierto que tienen índices de cable alto (p. ej., CABLE (4) en la Tabla I). Estas mismas tendencias paramétricas se ven en las Tablas I, IV y VII.

[0031] En el caso de defectos de cable de cortocircuito, la ganancia aumenta a medida que el R_{EQ} disminuye como se muestra en las Tablas II, III, V, VI, VIII y IX. El impacto en la ganancia es mayor para los pares de cables cuando uno de los cables tiene un índice de cable bajo debido a los valores de resistencia más bajos en los bancos de resistencias (p. ej., pares de cortocircuito CABLE(1)/CABLE(2), CABLE (1) /CABLE (3), CABLE (1)/CABLE (4) en la Tabla II), pero hay menos impacto en la ganancia para los pares de cables de cortocircuito de mayor índice (por ejemplo, CABLE (3)/CABLE (4) en Tabla II).

[0032] Los datos mostrados en las Tablas I-IX son cálculos para un solo cable de circuito abierto, o por un par de cortocircuito, que se muestra aquí sólo por claridad conceptual y no a modo de limitación de las realizaciones de la presente invención. La ganancia calculada para cualquier número de cables defectuosos se puede calcular para cualquier configuración de cables defectuosos y cargarse en LUT 50. La ganancia medida se puede comparar con los datos en LUT 50 por el procesador 45 para identificar la configuración del cable defectuoso, y posteriormente índices de cable de uno o más cables defectuosos en el cable.

Tabla I - Voltaje de ganancia y salida (V) para N=4: circuito abierto

CABLE DE CIRCUITO ABIERTO	Ganancia	Salida (V)
CABLE (1)	47.40437158	2.3702186
CABLE (2)	77.45901639	3.8729508
CABLE (3)	85.6557377	4.2827869
CABLE (4)	89.48087432	4.4740437

ES 2 745 461 T3

Tabla II - Ganancia para N = 4: pares de cortocircuitos

PARES DE CIRCUITO CORTO: GANANCIA	CABLE (2)	CABLE (3)	CABLE (4)
CABLE (1)	100.6010929	100.6830601	100.6375228
CABLE (2)	XXX	100.023967	100.0420345
CABLE (3)	XXX	XXX	100.0035883

Tabla III - Voltaje de salida (V) para N = 4: pares de cortocircuitos

PARES DE CIRCUITO CORTO: SALIDA (V)	CABLE (2)	CABLE (3)	CABLE (4)
CABLE (1)	5.030054645	5.034153005	5.031876138
CABLE (2)	XXX	5.001198351	5.002101723
CABLE (3)	XXX	XXX	5.000179415

Tabla IV - Voltaje de ganancia y salida (V) para N = 20: circuito abierto

CABLE de CIRCUITO ABIERTO	Ganancia	Salida (V)
CABLE (1)	67.43294696	3.3716473
CABLE (2)	86.04269155	4.3021346
CABLE (19)	98.69731788	4.9348659
CABLE (20)	98.76327647	4.9381638

Tabla V - Ganancia para N = 20: pares de cortocircuitos

PARES DE CIRCUITO CORTO: GANANCIA	CABLE (2)	CABLE (18)	CABLE (19)	CABLE (20)
CABLE (1)	100.3721949	100.135198	100.1288367	100.1230418
CABLE (2)	XXX	100.0208126	100.0200269	100.0192931
CABLE (18)	XXX	XXX	100.0000004	100.0000013
CABLE (19)	XXX	XXX	XXX	100.0000003

Tabla VI - Voltaje de salida (V) para N = 20: pares de cortocircuitos

PARES DE CIRCUITO CORTO: SALIDA (V)	CABLE (2)	CABLE (18)	CABLE (19)	CABLE (20)
CABLE (1)	5.018609745	5.006759901	5.006441835	5.00615209
CABLE (2)	XXX	5.001040632	5.001001344	5.000964655
CABLE (18)	XXX	XXX	5.000000019	5.000000066
CABLE (19)	XXX	XXX	XXX	5.000000014

Tabla VII - Ganancia y voltaje de salida (V) para N = 80: circuito abierto

CABLE CIRCUITO ABIERTO	Ganancia	Salida (V)
CABLE (1)	75.62913737	3.7814569
CABLE (2)	89.55534459	4.4777672
CABLE (79)	99.76789655	4.9883948
CABLE (80)	99.77080693	4.9885403

Tabla VIII - Ganancia para N = 80: pares de cortocircuitos

PARES DE CIRCUITO CORTO: GANANCIA	CABLE (2)	CABLE (78)	CABLE (79)	CABLE (80)
CABLE (1)	100.2785241	100.00254019	100.0250883	100.0247822
CABLE (2)	XXX	100.00044853	100.0044322	100.0043803
CABLE (78)	XXX	XXX	100 + 195e-12	100 + 755e-12
CABLE (79)	XXX	XXX	XXX	100 + 183e-12

Tabla IX - Voltaje de salida (V) para N = 80: pares de cortocircuitos

PARES DE CIRCUITO CORTO: SALIDA (V)	CABLE (2)	CABLE (78)	CABLE (79)	CABLE (80)
CABLE (1)	5.013926207	5.001270096	5.001254413	5.00615209
CABLE (2)	XXX	5.000224267	5.000221609	5.000964655
CABLE (78)	XXX	XXX	5 + 9.74e-12	5 + 37.73e-12
CABLE (79)	XXX	XXX	XXX	5 + 9.14e-12

[0033] El tamaño del paso relativo de los cambios en el voltaje de ganancia y de salida como una función de cable de circuito abierto, o un par de cortocircuito disminuye significativamente con un número creciente de hilos N en el cable. La ganancia o voltaje de salida del circuito 35 se detecta con A/D 40 y se convierte en una palabra digital para usar en el procesador 45. Se necesita una resolución más fina de A/D 40 para resolver el tamaño de paso más pequeño en la ganancia y la salida voltaje a medida que aumenta el número de cables N en el cable.

[0034] Un resumen de la resolución A/D en comparación con el número de cables N y el tipo de defecto de cable (abierto o en corto) se muestra en la Tabla X. Al variar débilmente la ganancia para defectos de pares de hilos de corto circuito como se muestra en las Tablas II, V, y VIII, se necesita una resolución A/D más fina para identificar los defectos del cable de cortocircuito en relación con los defectos del cable de circuito abierto en el cable. Por ejemplo, se necesita una resolución A/D de 100 μ V en CTS 10 para detectar un cable en circuito abierto en el cable 20 para N = 80, pero se necesita una resolución de 0,1 pV para un cable de cortocircuito en el cable 20 para N = 80.

Tabla X - Resolución A/D para diferentes defectos de N y cables

Número de cables en el cable (N)	Defecto de cable	Resolución A/D
4	Abierto	100 mV
4	Corto	100 μ V
20	Abierto	1 mV
20	Corto	1 nV
80	Abierto	100 μ V
80	Corto	0,1 pV

[0035] La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente un método para identificar cables defectuosos en un cable eléctrico, de acuerdo con una realización de la presente invención. En una etapa de conexión 200, se conecta un cable eléctrico a un circuito de prueba para acoplar múltiples cables en el cable a resistencias respectivas en un banco de resistencias en el circuito de prueba. En una etapa de medición 210, el procesador 45 mide la ganancia del circuito de prueba, incluido el cable. En un paso de identificación 220, el procesador identifica uno o más cables defectuosos en el cable utilizando datos que correlacionan configuraciones de cables defectuosos (en LUT 50) con la ganancia medida. Se identifican los índices de cable de uno o más cables defectuosos y el tipo de defecto (por ejemplo, un cable de circuito abierto o cortocircuito). En un paso de salida 230, el procesador 45 emite la configuración del cable defectuoso a un usuario del circuito de prueba.

[0036] Se apreciará que las realizaciones descritas anteriormente se citan a modo de ejemplo, y que la presente invención no se limita a lo que se ha mostrado y descrito particularmente anteriormente en este documento. Más bien, el alcance de la presente invención está definido por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

5 acoplar un cable eléctrico (20), que comprende múltiples cables, a un circuito (35) que comprende un banco de resistencias al acoplar los primeros extremos de los cables a las primeras resistencias respectivas (100), y los segundos extremos de los cables a las segundas resistencias respectivas (105);
 10 aplicar un voltaje de entrada a los circuitos (35) incluyendo el cable (20);
 10 medir una ganancia de la circuitería (35) incluyendo el cable (20);
 10 basado en la ganancia medida, identificando uno o más de los cables en el cable (20) que están defectuosos;
 10 y emitir una indicación de los cables defectuosos;
 10 en donde los valores de resistencia en el banco de resistencias se eligen de modo que cada defecto esperado en el cable eléctrico (20) se traduzca en un valor diferente de la ganancia medida.

15 2. El método según la reivindicación 1, en donde las primeras resistencias (100) tienen resistencias que son múltiplos impares de una resistencia R, y en donde las segundas resistencias (105) tienen las resistencias que son múltiplos pares de R.

20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que identificar el uno o más cables defectuosos comprende identificar un circuito abierto en uno o más de los cables al detectar que la ganancia medida es menor que la ganancia esperada para un cable no defectuoso (20).

25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que identificar el uno o más cables defectuosos comprende identificar un cortocircuito entre dos o más de los cables al detectar que la ganancia medida es mayor que la ganancia esperada para un cable no defectuoso (20).

30 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que identificar uno o más cables defectuosos comprende almacenar una lista predefinida de ganancias para los defectos esperados respectivos en el cable (20), y determinar el uno o más cables defectuosos al encontrar en la lista un defecto esperado que coincida con la ganancia medida.

30 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que medir la ganancia comprende medir la ganancia de un amplificador operacional inversor con una resistencia de retroalimentación (115) y una resistencia de entrada equivalente, incluyendo la resistencia de entrada equivalente los múltiples cables en el cable (20).

35 7. Un aparato que comprende:

35 una interfaz para acoplar a un cable eléctrico (20) que comprende múltiples cables; y
 35 circuitería (35), que comprende primeras resistencias (100) acopladas a los respectivos primeros extremos de los cables, y segundas resistencias (105) acopladas a los respectivos segundos extremos de los cables,
 40 y que está configurada para medir una ganancia de la circuitería (35) incluyendo el cable (20) tras la aplicación de un voltaje de entrada al mismo y, en función de la ganancia medida, para identificar uno o más de los cables en el cable (20) que están defectuosos, y para emitir una indicación de los cables defectuosos;
 40 en donde los valores de resistencia en el banco de resistencias se eligen de modo que cada defecto esperado en el cable eléctrico (20) se traduzca en un valor diferente de la ganancia medida.

45 8. El aparato según la reivindicación 7, en el que las primeras resistencias (100) tienen resistencias que son múltiplos impares de una resistencia R, y en donde las segundas resistencias (105) tienen las resistencias que son múltiplos pares de R.

50 9. El aparato según la reivindicación 7, en el que la circuitería (35) está configurada para identificar un circuito abierto en uno o más de los cables al detectar que la ganancia medida es menor que la ganancia esperada para un cable no defectuoso (20).

55 10. El aparato según la reivindicación 7, en el que la circuitería (35) está configurada para identificar un cortocircuito entre dos o más de los cables al detectar que la ganancia medida es mayor que la ganancia esperada para un cable no defectuoso (20).

60 11. El aparato según la reivindicación 7, en el que la circuitería (35) está configurada para almacenar una lista predefinida de ganancias para los defectos esperados respectivos en el cable (20), y para identificar uno o más cables defectuosos encontrando en la lista un defecto esperado que coincide con la ganancia medida.

65 12. El aparato según la reivindicación 7, en el que la circuitería (35) comprende un amplificador operacional inversor con una resistencia de retroalimentación (115) y una resistencia de entrada equivalente, incluyendo la resistencia de entrada equivalente los múltiples cables en el cable (20), y en donde la circuitería (35) está configurada para medir la ganancia midiendo la ganancia de un amplificador operacional inversor.

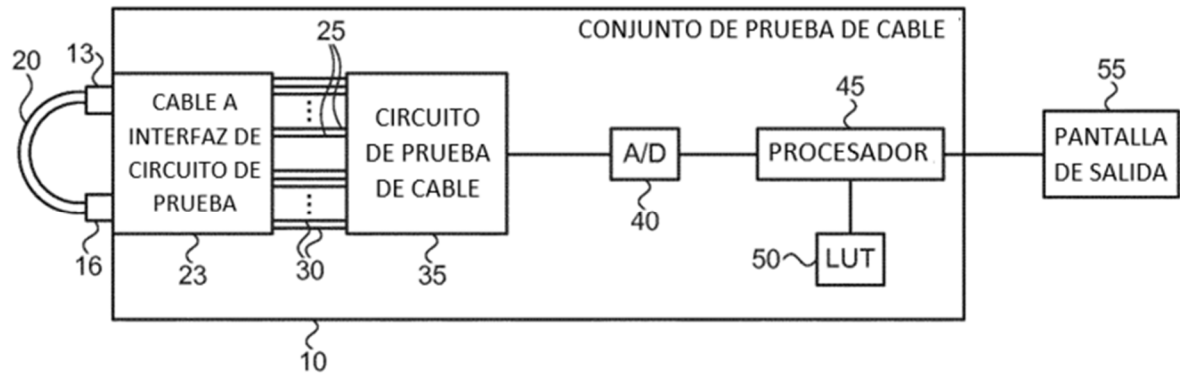


FIG. 1

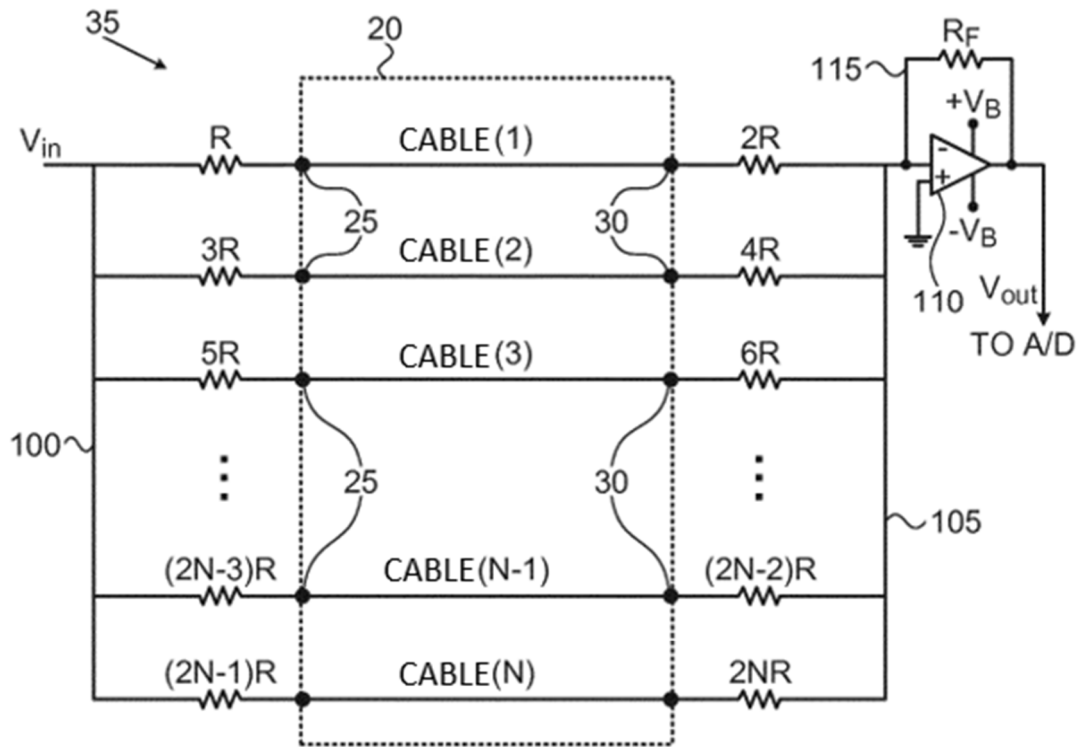


FIG. 2

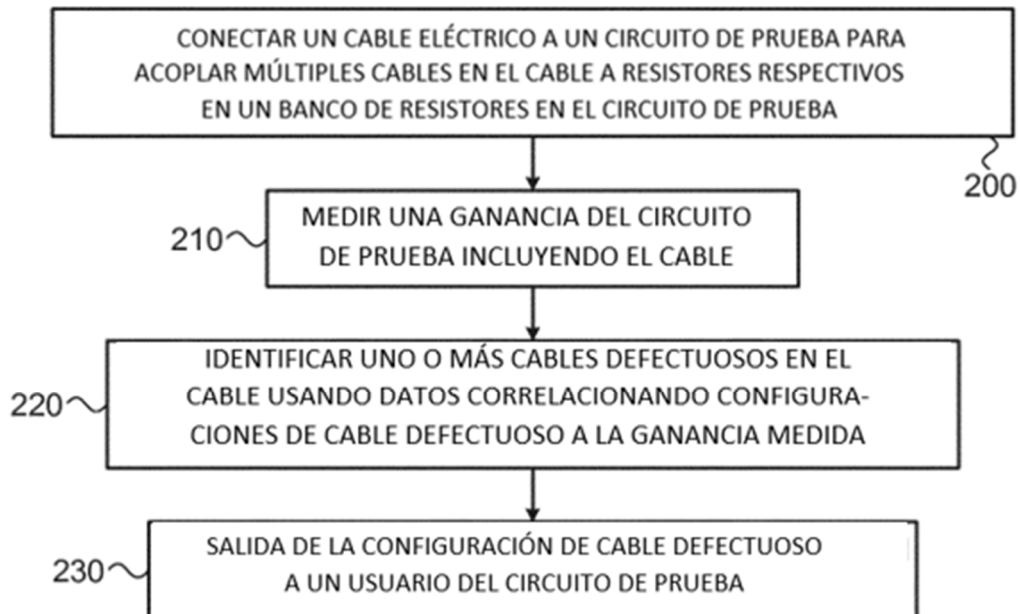


FIG. 3