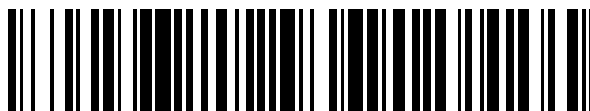


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 661**

51 Int. Cl.:

**G01K 7/02** (2006.01)

**G01K 7/20** (2006.01)

**G01K 15/00** (2006.01)

**G01R 31/02** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2014 PCT/DK2014/050141**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014 WO14206413**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2014 E 14725960 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 3014229**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la detección de roturas de cables**

30 Prioridad:

**28.06.2013 DK 201370358**

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

**15.11.2018**

73 Titular/es:

**PR ELECTRONICS A/S (100.0%)  
Lerbakken 10  
8410 Rønde, DK**

72 Inventor/es:

**SKIPPER, BJARNE FUNCH**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 689 661 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**

Sistema y procedimiento para la detección de roturas de cables

5 Sector de la invención

La presente invención, se refiere a un sistema y a un procedimiento para la detección de roturas de cables, en sistema de medición, el cual comprende por lo menos un primer sensor, sensor éste, el cual se encuentra conectado a un sistema de medición, mediante por lo menos dos cables, sistema de medición éste, el cual comprende una fuente de corriente, fuente de corriente ésta, la cual genera una corriente en los cables y a través de por lo menos un primer sensor, corriente ésta la cual se detecta en el sistema de medida, sistema de medida éste el cual, en base a una corriente o voltaje medidos, mide una impedancia de por lo menos un primer sensor, sistema de medición éste, el cual transmite el resultado del primer parámetro generado, tal como el consistente en una impedancia, a un sistema conectado, en donde, el sistema para la detección de roturas, comprende una fuente de corriente CA (de corriente alterna) , fuente de corriente ésta, se encuentra adaptada para generar una señal de corriente CA, señal de corriente CA ésta, la cual se transmite a través de los cables, y a través de por lo menos un primer sensor, generando un voltaje CA (de corriente alterna), señal de corriente CA y voltaje de CA éstos, los cuales se analizan, en el sistema de detección de roturas de cable.

20 Antecedentes de la invención

En las mediciones de temperatura básicas, basadas en RTD (detector de temperatura resistivo – [RTD, de sus siglas en idioma inglés] ó en CT (control de temperatura), algunos de los cables utilizados para la determinación de la resistencia del RTD, o del voltaje, a través del CT, se encontrarán sin corriente, y así, por lo tanto, en caso de una rotura de cable, pueden contribuir a una medición errónea.

La detección de una rotura de cable, se conoce bien, dentro de la industria de transmisores de temperatura, y algunas patentes describen diferentes tecnologías:

30 La patente JP 55060828, (Detector para fallo de termopares”, describe una tecnología, en donde, ambas, la corriente diferencial y una corriente de modo común, se introducen en el sensor de CT (control de temperatura), para analizar el deterioro del aislamiento, y la rotura de cables. Durante el test de ensayo, se invalida la medición del voltaje del CT y, así, por lo tanto, la temperatura.

35 La patente JP 59065267, “Aparato para detectar la rotura de cables de elementos de detección de temperatura”, describe una tecnología, en donde se utilizan dos RTD’s, para evaluar la existencia de una rotura de cable, en el ámbito del uno o dos sensores de RTD. Y la tecnología, no aporta ayuda de compensación para la resistencia de los cables.

40 La patente JP 2011242349 “Circuito detector de la temperatura de resistencia”, describe una tecnología para mediciones de RTD de 3 cables, tecnología ésta, la cual incluye una detección de rotura de cables, en base un cambio en la corriente introducida en la RTD. A medida que la corriente cambia, cambiarán todos los niveles de voltaje de una forma correspondientemente en concordancia, y así, por lo tanto, se podrá detectar una indicación de una rotura de cable, si dos mediciones consecutivas, a diferentes corrientes, en el sensor RTD, muestra diferentes valores de RTD.

Los transmisores de temperatura, se implementan, de una forma general, mediante una detección de rotura de cables, en base a la inyección periódica de una corriente de ensayo, a través de cables no conductores, seguido de un test de ensayo del voltaje resultante. Una rotura de cable, provocará el hecho de que incremente el voltaje, durante la inyección de la corriente de ensayo, y después de un período de tiempo de relajación, se desactiva la medición de la temperatura, ya que, la medición, se verá influenciada mediante la corriente de inyección, y así, por lo tanto, no será válida. Este procedimiento de detección de la rotura, provoca el que, las mediciones de la temperatura, sean relativamente lentas (el tiempo de subida o ascenso, es de un valor comprendido dentro de unos márgenes que van desde los 0,5 seg. hasta 1 seg.).

55 Objeto de la invención

Es un objeto de la invención, el ser capaces de detectar una rotura de cable, y fallo del sensor, en los sistemas de sensores de temperatura, mediante la utilización de RTD de 2 cables, de 3 cables, o de 4 cables, y medición de temperatura CT, simultánea, mediante la medición de la temperatura. De una forma adicional, la invención, puede utilizarse, de una forma general, para llevar a cabo la vigilancia de cables, en conexión con mediciones de voltaje de alta resistencia.

Otro objeto de la invención, es el de utilizar, en parte, la trayectoria de la señal de medición de la temperatura, para la detección de roturas de cable, sin quebrantar o influenciar la medición de la temperatura. Un objeto adicional de la

presente solicitud de patente en trámite, es la de determinar una rotura de cables, de una forma independiente de la longitud del cable.

#### Descripción de la invención

5 El objeto, puede cumplirse mediante un sistema, tal y como éste se da a conocer en el preámbulo de la reivindicación 1, y adicionalmente modificado, de tal forma que, el sistema para la detección de rotura de cables, puede configurarse como un sistema para la detección de rotura de cables, para analizar cambios en el ángulo de fase, entre la corriente CA (corriente alterna), y el voltaje CA, de la señal de CA, sistema de medición éste, el cual se encuentra configurado para detectar roturas de cables, de por lo menos uno de los cables, mediante análisis del ángulo de fase.

15 Mediante ello, es posible, si existe una diferencia suficiente en la frecuencia de la señal, en la medición de la impedancia, en el sensor, y la frecuencia de señal básica de ensayo del cable, es suficientemente alta, de tal forma que sea posible, en el sistema el cual recibe las señales, el hecho de distinguir entre las primeras señales de medición y la siguiente segunda señal de ensayo del cable. En las situaciones en donde, los sensores, operan como sensores de baja frecuencia, es además posible la detección de cables a alta frecuencia. Aquí, es posible el medir la diferencia de fase, entre la corriente CA de activación, y la medición del voltaje de CA. En dependencia del tipo de sensor, el ángulo de fase entre la corriente y la corriente y el voltaje, tendrá un valor relativamente constante, siempre y cuando que, los cables, estén conduciendo. En una situación, en donde, el cable, se ha roto, existirá un cambio en la diferencia de fase, entre la fuente de CA, que genera una corriente y el voltaje de CA medido. Así, por lo tanto, es posible indicar, de una forma inmediata, una rotura de cable. Mediante una diferencia suficiente en la frecuencia, es posible, mediante una simple filtración, el hecho de filtrar la señal de CA, antes de que realice un análisis de las señales de baja frecuencia. Son posibles diferentes procedimientos de medición, tales como los consistentes en filtros analógicos, en donde se lleva a cabo una determinada reducción de la señal de corriente CA inyectada, pero son también posibles filtraciones digitales más complicadas, en donde, se eliminan todas las señales resultantes de la inyección de corriente CA. Será posible el llevar a cabo un análisis continuo de los cables, procediendo a operar, continuamente, la fuente de corriente CA. En algunas aplicaciones, es posible que, la detección de la rotura de cable, se lleva a cabo en intervalos de tiempo. Cualquier cambio rápido, en la impedancia de los cables y, tal vez, también en los sensores, puede detectarse, debido al hecho de que, éstos, conducirán a un cambio en el ángulo de fase entre la corriente y el voltaje medido. Si el sistema tiene información sobre la frecuencia máxima de la señal la cual se espera de los sensores, es entonces posible, simplemente mediante la detección de un cambio rápido en la impedancia, mediante la indicación de un cambio en el ángulo de fase, el indicar que existe un cable que se rompe, o quizás, un sensor defectuoso.

35 La frecuencia de la señal de CA, puede generarse en la fuente de CA, mucho alta que la frecuencia de la señal recibida de sensor. Debe encontrarse presente una suficiente distancia en la frecuencia, entre la anchura de banda de medición del sensor, y la señal de CA, la cual se genera. Si el filtro en la trayectoria de medición del sensor, la cual se utiliza para eliminar la señal de detección de rotura de cables inyectada, se implementa como un filtro de corte de banda estrecha, entonces, la distancia de frecuencia relativamente suficiente, puede ser muy pequeña.

El sistema para la detección de roturas de cable, puede comprender un filtro de entrada analógica. Mediante ello, puede reducirse la influencia de frecuencias más altas.

45 El sistema para la detección de roturas de cable, puede comprender un dispositivo de medición del voltaje, recibiendo, dicho dispositivo de medición del voltaje, una entrada, procedente de una fuente de CA, entrada ésta, la cual representa la fase de la corriente CA, generada por la fuente de CA, sistema éste, para la detección de roturas de cable, el cual mide la diferencia de fase entre la fuente de corriente CA, y el voltaje de CA presente en la entrada del dispositivo de medición del voltaje. Mediante ello, es posible, para el dispositivo de medición de voltaje, el mediar la diferencia de fase, entre la corriente generada y el voltaje resultante. La detección, puede llevarse a cabo mediante comparación analógica, o es posible el utilizar una medición digital de la diferencia de fase. Son posibles muchos procedimientos tradicionales, los cuales se conocen bien, para la detección de la diferencia de fase. Tradicionalmente, se conoce bien, el hecho de utilizar un paso por el punto cero, de la corriente generada, y hasta que exista el siguiente paso por el punto cero del voltaje resultante. Así, de este modo, es posible el medir el tiempo, de una forma precisa, mediante medios de recuento digitales.

60 El sistema para la detección de roturas de cable, puede comprender un convertidor sigma – delta, analógico, a digital, convertidor sigma – delta éste, el cual puede comprender un filtro antisolapamiento. Con objeto de obtener los mejores resultados posibles, es necesario el llevar a cabo una filtración, después del convertidor sigma – delta, con objeto de reducir cualesquiera frecuencias más altas. Del mismo modo, con objeto de obtener los mejores resultados posibles, el filtro antisolapamiento, reduce adicionalmente los fallos que puedan acontecer, mediante la utilización de la conversión sigma – delta.

65 El convertidor sigma – delta, puede implementarse mediante una frecuencia superior de muestreo, frecuencia superior de muestreo ésta, la cual puede ser mayor que la anchura de banda requerida, para obtener la resolución / precisión requeridas, de la entrada digital filtrada, cuya frecuencia de corriente CA, puede encontrarse localizada a

una frecuencia, la cual es más alta que la anchura de banda requerida de la señal de entrada primaria, e inferior que la mitad de la frecuencia de moldeo del convertidor sigma – delta, a cuyo efecto, la salida del convertidor sigma – delta, puede utilizarse para el detector digital de diferencia de fase. Mediante ello, puede lograrse el hecho de que, no únicamente la señal medida se convierta en un una forma digital, sino así mismo, también, el voltaje de CA resultante, se convierta completamente digitalmente, de tal forma que, el voltaje de CA, pueda obtenerse, después, a partir de las señales digitales.

El sistema para la detección de roturas de cables, puede comprender un microcontrolador, microcontrolador éste, el cual puede adaptarse para realizar una detección de diferencia de fases, microcontrolador éste, el cual puede adaptarse para introducir la salida del sigma – delta ADC (convertor de señal analógica a digital sigma – delta – [ADC, de sus siglas, en idioma inglés, correspondientes Analog to Digital converter] -), a un filtro y función de decimación (procesado de señales), para generar una salida de filtrado de paso bajo con una anchura de banda de 3 dB, igual a la frecuencia de inyección de corriente, microcontrolador éste, el cual puede adaptarse para recibir un señal de desmodulación sincrónica / de muestreo, señal ésta, la cual se desencadena mediante la señal de inyección, microcontrolador éste, el cual se encuentra adaptado para llevar a cabo un post-filtrado, para reducir el ruido procedente de la frecuencias de línea, microcontrolador éste, el cual puede adaptarse para determinar la diferencia de fase entre la corriente de inyección y la respuesta de voltaje. Dejando que el microcontrolador lleve a cabo la filtración, es posible el lograr el sistema, con muy pocos componentes electrónicos. La conversión analógica a digital, puede realizarse, en la mayoría de los casos, en el interior del microcontrolador, y así mismo, también, la cooperación entre la fase de la corriente generada, y el voltaje de CA resultante, puede efectuarse fácilmente, mediante un algoritmo, el cual trabaja continuamente, como parte del software informático en el microcontrolador.

La presente solicitud de patente en trámite, da a conocer, de una forma adicional, un procedimiento para gestionar un sistema para las detecciones de roturas de cables, procedimiento éste, mediante el cual, se genera una corriente continua CC, en por lo menos un par de cables, se realiza una medición continua de la corriente que fluye a través de los cables, y a través de por lo menos un sensor, se analiza el voltaje de CC (corriente continua) generado por la corriente CC, se calcula la impedancia del sensor, se transmite el resultado de la medición de la impedancia, a un terminal de salida del sistema, en donde, el procedimiento de detección de rotura de cables propuesto, genera una corriente de CA, en los cables, detecta el voltaje de CA, en los cables, se lleva a cabo un análisis del ángulo de fase, entre la corriente CA y la corriente de voltaje de CA, para detectar la rotura de cables.

Mediante el procedimiento que se ha dado a conocer anteriormente, arriba, es posible llevar a cabo un análisis altamente eficiente de los cables que conectan a los sensores y el aparato, el cual determina el valor del sensor, y para llevar a cabo un test de ensayo continuo o periódico de la rotura de cables. Procediendo a llevar a cabo un análisis continuo de rotura de cables, es posible cumplir con los estándares de seguridad establecidas, por ejemplo, en la norma IEC 61508. Un análisis de diferencia de fase entre una corriente CA, y el voltaje resultante, será un test de ensayo muy eficiente, de los cables que conectan a un sensor. Debido al hecho de que existe una diferencia en la frecuencia entre la señal de medición primaria, y las señales que analizan la rotura, es posible, en el sistema, posteriormente, el aislar dos señales, de tal forma que, la influencia en la medición de las señales procedentes del sensor, no se perturben, en modo alguno, mediante el test de ensayo de CA, de rotura de cables.

La invención, en esta patente, difiere de la detección de roturas de cables descritas en las patentes anteriormente mencionados, arriba, de tal forma que, la señal utilizada para la detección de la rotura, sea una corriente de inyección, en una frecuencia, la cual se encuentra fuera de la banda de frecuencias de interés para la medición de temperaturas. Así, de este modo, la medición del voltaje o la determinación de la resistencia, puede realizarse en paralelo con la vigilancia de la rotura de cables. La detección de la rotura de cables, no limitará, mediante ello, ninguna anchura de banda o tiempo de ascenso o subida de la señal primaria (señal de voltaje).

Un sistema de detección de rotura de cables, basado en una inyección de una señal de corriente alterna (CA), continua, fuera de la banda de frecuencias, en la entrada de un dispositivo de medición, en donde, la rotura de cables del sensor, se detecta en base a la diferencia de respuesta de fase, de la señal inyectada, debido al hecho de que: a: Sin rotura de cable, causado por el sensor, incluyendo la capacidad de los cables y, b: En el caso de una rotura de cables, causada por la capacidad de los cables, desde la unidad de medición, hasta la rotura de cable.

Un sistema de detección de rotura de cables, en donde, la detección de fase, se basa en una detección analógica, en un mezclador, o en un circuito detector de diferencia de fase, analógico.

Un sistema de detección de rotura de cables, en donde, la detección de diferencia de fase, se basa en una detección de diferencia de fase, digital.

Un sistema de detección de rotura de cables, en donde, la detección de diferencia de fase, se basa en una desmodulación sincrónica de la señal, la se convierte de analógica a digital, como la señal requerida de voltaje primaria del sensor.

Descripción de los dibujos

- La Fig. 1a, da a conocer una medición de RTD de 4 cables.  
 La Fig. 1b, da a conocer una medición de RTD de 3 cables  
 5 La Fig. 1c, da a conocer una medición de CT (8)  
 La Fig. 2a, da a conocer la capacitancia del cable distribuido  
 La Fig. 2b, da a conocer el modelo simplificado de sensor y cable  
 La Fig. 2c, da a conocer de qué forma, una corriente CA, se introduce en el sensor.  
 La Fig. 3a, da a conocer un filtro de entrada analógica  
 10 La Fig. 4, da a conocer un conversor sigma delta  
 La Fig. 5, a conocer un detector de diferencia de fase, optimizado mediante microcontrolador.

Descripción detallada de la invención

- 15 En el texto que se facilita a continuación, las figuras, se describirán una por una, y las diferentes partes y posiciones que se ven en las figuras, se numerarán mediante los mismos números, en las diferentes figuras. No todas las partes y posiciones indicadas, en una figura específica, se discutirán, de una forma específica, conjuntamente con dicha figura.
- 20 La invención, se trata de un sistema de detección de roturas de cables, para su uso en un sistema de CT y transmisores de temperatura RTD y medición de voltaje. La detección de rotura de cables, se lleva a cabo de una forma simultánea, mediante la medición de voltaje, primaria, como la señal inyectada utilizada para la detección de la rotura de cables, se trata de una señal de banda fuera de frecuencia, la cual no perturba ni infringe la señal de interés. La señal de rotura de cable, se eliminará, en el filtrado posterior de la señal primaria.
- 25 En la figura 1, se muestra una configuración para una medición (5) mediante un RTD de 4 cables (figura 1a) y de 3 cables (figura 1b). El suministro de la corriente, para el RTD, provoca el hecho de que, una corriente, fluya hacia fuera del puerto 3, a través de las resistencias del cable, 13, el RTD 5, y la resistencia del cable, 12, de vuelta al puerto 2. Las resistencias de los cables (12 y 13), provocan una medición errónea, si únicamente se utilizan el
- 30 puerto 3 y el puerto 2, para determinar la resistencia del RTD. Para el puerto de mediciones de 4 cables, se pueden utilizar los puertos 1 y 4, para determinar las resistencias de los cables, 12 y 13. Con objeto de evitar cualquier influencia procedente de las resistencias de los cables, 11 y 14, la medición en los puertos 1 y 4, deben estar exentas de corriente, es decir, una medición del voltaje con una alta impedancia (mucho mayor que las resistencias de los cables).
- 35 Las mismas condiciones, son relevantes, para el puerto 1, para la medición del RTD de 3 cables.
- Con objeto de asegurar unas mediciones correctas del voltaje (y así, por lo tanto, de la determinación del RTD), en los puertos 1 y 4, para el RTD de 4 cables, y en el puerto 1, para el RTD de 3 cables, es necesario el controlar los
- 40 cables, de una forma continua. Para las mediciones del CT, (8), con un cable externo 3, la medición del RTD, para la Compensación de Unión Fría (CIC – [de sus siglas, en idioma inglés, correspondientes a Cold Junction Compensation] -), el cual se muestra en la figura 1c del cable, a los puertos 3 y 4, se encuentran exentos de corriente, y así, por lo tanto, requerirán así mismo, también, un control continuo.
- 45 De una forma general, todas las mediciones exentas de corriente (es decir de voltaje), requieren el hecho de que, los cables, deban controlarse, para la rotura de cables, si la instalación no tiene el riesgo de una rotura de cable.
- Mediante la inyección de una pequeña corriente acoplada de CA, a los cables del sensor, en los sistemas de medición de temperatura de RTD y de CT, es posible, mediante la medición de la respuesta de la fase de voltaje de
- 50 la señal inyectada, el hecho de determinar la presencia / no presencia de una rotura de cable, sin interferir con la medición de la temperatura.
- La figura 1a, da a conocer una medición de RTD, de 4 cables, en donde, la referencia 5, es el RTD. Las referencias 1, 2, 3 y 4, son los 4 terminales, del sistema de medición. La referencia 7, es la fuente de corriente para la medición de la resistencia. Y las referencias 11, 12, 13, y 14, son las resistencias de los cables, de los cables conectados a las terminales 1, 2, 3 y 4, respectivamente.
- 55 La figura 1b, da a conocer una medición de RTD, de 3 cables.
- 60 La figura 1c, da a conocer una medición de CT (8), con una compensación de unión fría, externa, llevada a cabo mediante una medición de RTD (5) de 3 cables.
- La figura 2a, da a conocer capacitancia de cables distribuida (C1, C2, ... Cn) y la resistencia de cables distribuida (R1, R2,... Rn), en una configuración de medición CT (8). Las terminales, en el sistema de medición, son 2 y 3. La
- 65 impedancia del sensor, incluyendo la resistencia y la capacitancia indicadas mediante Z<sub>s</sub>. La figura 2a, ilustra la impedancia Z<sub>s</sub>, vista desde el sistema de medición. La impedancia, consiste en el sensor (ilustrado, aquí, mediante

CT, pero éste puede también ser, así mismo, RTD), y la impedancia de los cables, la cual consiste en una serie de resistencias distribuidas ( $R_1, R_2, \dots R_n$ ), y capacitancia paralela distribuida ( $C_1, C_2, \dots C_n$ ). Aparte de las resistencias en serie, de la capacitancia paralela, el cable, muestra una serie de inductancia y una resistencia paralela, la cual es insignificante, para los propósitos de baja frecuencia de los sensores de temperatura. La impedancia del cable, puede reducirse a dos resistencia de cable,  $R_c$  y una capacitancia individual, entre los dos cables  $C_c$ , tal y como se ilustra en la figura 2b. El sensor es, de una forma principal, una resistencia y en la figura 2b, ilustrada como un resistencia pura 21. La resistencia del sensor, variará, de una forma típica, dentro de unos márgenes que van desde los 0 ohm, hasta los 10 kohm, en dependencia del tipo y de la gama. Cuando no se encuentra presente ninguna rotura de cable, entonces, la impedancia, vista desde el sistema de medición, consistirá en una resistencia (sensor y resistencia del cable, en serie), en paralelo con la capacitancia del cable. Cuando se encuentra presente una rotura de cable, entonces, la impedancia, vista desde el sistema de medida (puerto 2 y 3), será una capacitancia, la cual se encuentra dentro de un rango que va desde un circuito abierto, si la rotura se encuentra en uno de los terminales del sistema de medición, hasta la capacitancia del cable, si la rotura se encuentra en los terminales del sensor. Aplicando una capacitancia de entrada (25) en el sistema de medición, se asegura una capacitancia mínima, incluso si la rotura de cable, se encuentra en el terminal (puerto 2 ó 3), del sistema de medición. Se introduce una pequeña corriente  $CA, 24$ , a la terminal 3, y ésta provocará un voltaje, en el terminal, el cual viene determinado por la impedancia total del sensor, la resistencia del cable, la capacitancia del cable, y la capacitancia de entrada. La corriente  $CA, 24$ , se encuentra localizada a una frecuencia, la cual se encuentra fuera (más alta) de la banda de frecuencias de interés, con respecto a la medición de la temperatura, de la resistencia, o del voltaje. Y así, por lo tanto, no provocará ninguna perturbación de la medición. En el caso de una rotura de cable, en donde, la impedancia, es puramente capacitativa, la diferencia de fase entre la corriente inyectada y el voltaje medido (en el dispositivo de medición del voltaje, 22), será de  $90^\circ$ . En el caso en el que no exista una rotura de cable, en donde, la impedancia es paralela a una resistencia y un capacitancia, la diferencia de fase, será de un valor comprendido dentro de unos márgenes comprendidos entre los  $0^\circ$  y lo  $90^\circ$ , en dependencia de si, la fracción entre la suma de conductancia del sensor, las resistencias de los cables, y la suma de la susceptibilidad de la capacitancia de los cables, y la capacitancia de entrada.

La figura 2b, da a conocer el modelo simplificado de sensor y cables, en donde, la capacidad total de los cables, se ha recopilado en  $C_c$  y, la resistencia de los cables, se recopilado en dos resistores  $R_c$ , y el sensor, un dispositivo resistivo, puro, 21.

La figura 2c, da a conocer de qué forma, una corriente  $CA$ , se introduce en el sensor y los cables, para investigar la condición de los cables. La condición de los cables, se controla mediante el dispositivo de medición del voltaje, 22, el cual mide la diferencia de fase entre la fuente de corriente  $CA, 24$ , y el voltaje presente en la entrada del dispositivo de medición del voltaje, 22.

La figura 3, da a conocer un circuito de entrada, el cual incluye un filtro de entrada analógico (25, 26, y 27), el cual, aparte de la función como filtro antisolapamiento, para el subsiguiente convertidor sigma delta, analógico a digital, sigma (28), asegura así mismo, también una señal de detección de rotura para el detector de fases (22), en el caso, en donde, la resistencia del cable,  $R_c$ , y la resistencia del sensor (CT), es de 0 ohm. La señal primaria, será accesible en la señal 29, después de pasar a través del convertidor sigma – delta, analógico a digital, 28, y un apropiado filtro digital, 31, designado para tener un corte en la frecuencia de la corriente inyectada. La señal de detección de la rotura de cable, se calcula en 32, en base a la salida del detector de diferencia de fase, 22, y se encontrará presente en la salida 30. Mediante el diseño apropiado del filtro de entrada (25, 26, y 27), la respuesta de amplitud de voltaje, en la entrada del convertidor sigma – delta, y el detector de diferencia de fase, procedente de la corriente de inyección, será menos dependiente de la resistencia sensor / cable, y de la capacitancia de los cables. La señal de inyección, reducirá, así, de este modo, el rango dinámico marginal, del convertidor sigma – delta (28).

La figura 4, da a conocer un convertidor sigma – delta (28), el cual se implementa mediante una sobrefrecuencia de muestreo, la cual es mucho mayor que la anchura de banda requerida, con objeto de obtener la requerida resolución / precisión de la salida de señal filtrada, 29. Si la frecuencia de la corriente de inyección, se encuentra localizada a una frecuencia, la cual es mayor que la anchura de banda requerida de la señal primaria (29), pero inferior que la mitad de las frecuencia de muestreo del convertidor sigma – delta, entonces, la salida (42) del convertidor sigma – delta (28), puede utilizarse para el detector de digital de diferencia de fase (33).

La figura 5, da a conocer un detector microcontrolador de diferencia de fase, optimizado, en donde, la salida (42), del ADC (28), se introduce en un filtro y función de decimación (procesado de señales), proporcionando una salida filtrada de paso bajo, (36), con una anchura de banda de 3 dB, igual a la frecuencia de la inyección de la corriente (37). La referencia 37, es una (señal) de desmodulación sincrónica / muestreo, la cual se desencadena mediante la señal de inyección (41). Puede aplicarse un post-filtrado (39), para reducir el ruido procedente de las frecuencias de la línea de energía. A partir de la señal (40), puede determinarse la diferencia de fase entre la corriente de inyección y la respuesta de voltaje.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Sistema para la detección de roturas de cables, el cual se encuentra adaptado para la detección de la rotura de cables, en sistemas de medición, conectados a por lo menos un primer sensor (5, 8, 21), sensor éste (5, 8, 21), el cual se conecta al sistema de medición, mediante por lo menos dos cables (1, 2, 3, 4), sistema de medición éste, el cual comprende un fuente de corriente (7), fuente de corriente (7) ésta, la cual genera una corriente en los cables (2, 3), y a través de por lo menos un primer sensor (5, 8, 21), corriente ésta, la cual se detecta en el sistema de medición, sistema de medición éste, el cual se basa en una corriente o voltaje medidos, genera por lo menos un primer parámetro, tal como una impedancia, de por lo menos el primer sensor (5), sistema de medición éste, el cual transmite el resultado (29) del primer parámetro generado, tal como la impedancia, a un sistema conectado, comprendiendo, el sistema para la detección de roturas de cables, una fuente de corriente CA, (24), fuente de corriente CA (24) ésta, la cual se encuentra adaptada para generar una señal de corriente CA, señal de corriente ésta, la cual se transmite a través de los cables (1, 2, 3, 4), y a través de por lo menos el primer sensor (5, 8, 21), generando un voltaje de AC, señal de corriente CA y voltaje de CA, éstos, los cuales se analizan, en un sistema de detección de rotura de cables, caracterizado por el hecho de que, el sistema de detección de rotura de cables, se encuentra configurado para analizar cambios en el ángulo de fase, entre la señal de corriente CA y el voltaje de CA, sistema de detección de roturas éste, el cual se encuentra configurado para detectar roturas de cables, de por lo menos uno de los cables (1, 2, 3, 4), mediante análisis del ángulo de fase.
- 2.- Sistema para la detección de roturas de cables, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que, la frecuencia de señal de corriente CA, generada en la fuente de corriente CA, (24), es mayor que la frecuencia de la señal recibida del sensor (5, 8, 21).
- 3.- Sistema para la detección de roturas de cables, según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por el hecho de que, el sistema de detección de roturas de cables, comprende un filtro de entrada analógico (25, 26, 27).
- 4.- Sistema para la detección de roturas de cables, según una de las reivindicaciones 1 - 3, caracterizado por el hecho de que, el sistema de detección de roturas de cables, comprende un dispositivo de medición del voltaje (22), dispositivo de medición del voltaje éste, el cual se encuentra configurado para recibir el voltaje de CA generado, y una entrada procedente de la fuente de corriente CA (24), entrada ésta, la cual representa la fase de la señal de corriente CA, generada por la fuente de corriente CA, dispositivo de medición (22) éste, se encuentra configurado para medir la diferencia de fase entre la fuente de corriente CA (24), y el voltaje de CA, presente en la entrada del dispositivo de medición del voltaje (22).
- 5.- Sistema para la detección de roturas de cables, según una de las reivindicaciones 1 - 4, caracterizado por el hecho de que, el sistema de detección, comprende un convertor sigma – delta analógico a digital (28), convertor sigma – delta éste, el cual comprende un filtro antisolapamiento.
- 6.- Sistema para la detección de roturas de cables, según la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que, el convertor sigma delta (28), se implementa mediante un sobrefrecuencia de muestreo, sobrefrecuencia de muestreo ésta, la cual es substancialmente más alta, que la anchura de banda requerida del resultado del primer parámetro generado, (29), y más alta que la frecuencia de la corriente CA inyectada (24), cuya señal de salida de dicho convertor sigma delata, (42), se filtra mediante un filtro digital de paso bajo, (31), filtro digital de paso bajo éste, el cual elimina la señal de voltaje residual, procedente de la inyección de corriente CA, (24), cuando la frecuencia de la corriente CA inyectada, se encuentra por encima de la anchura de banda del resultado del primer parámetro generado, (29), y la señal de entrada, (42), procedente del convertidor sigma delta, se utiliza para que, el detector digital de diferencia de fase, (33), cree una señal de fase diferente, (34), la cual puede utilizarse para determinar una rotura de cable.
- 7.- Sistema para la detección de roturas de cables, según la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que, el sistema para la detección de roturas de cables en cuestión, comprende un microcontrolador, microcontrolador éste, el cual se encuentra adaptado para realizar una detección de diferencia de fases, microcontrolador éste, el cual se encuentra adaptado para introducir la salida del sigma – delta ADC, a un filtro y función de decimación (35), para generar una salida de filtrado de paso bajo (36), con una anchura de banda de 3 dB, igual a la frecuencia de inyección de corriente, microcontrolador éste, el cual se encuentra adaptado para recibir una señal de desmodulación sincrónica / de muestreo, (37), señal ésta (37), la cual se desencadena mediante la señal de inyección, (41), microcontrolador éste, el cual se encuentra adaptado para llevar a cabo un post-filtrado (39), para reducir el ruido procedente de las frecuencias de línea, microcontrolador éste, el cual se encuentra adaptado para determinar la diferencia de fase entre la corriente de inyección y la respuesta de voltaje.
- 8.- Procedimiento para la detección de roturas de cables, según se revela en una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 7, el cual comprende las siguientes etapas:
- generar una corriente CC, en por lo menos un par de cables, realizar una medición continua del flujo de corriente, a través de los cables, y a través de por lo menos un primer sensor, analizar el voltaje de CC generado por la corriente CC, calcular la impedancia del por lo menos un primer sensor, transmitir el resultado de las mediciones de la

impedancia, a un terminal de salida del sistema, caracterizado por el hecho de que, se genera una corriente CA en los cables, se detecta el voltaje de CA en los cables, y se lleva a cabo un análisis del ángulo de fase entre la corriente CA y el voltaje de CA.



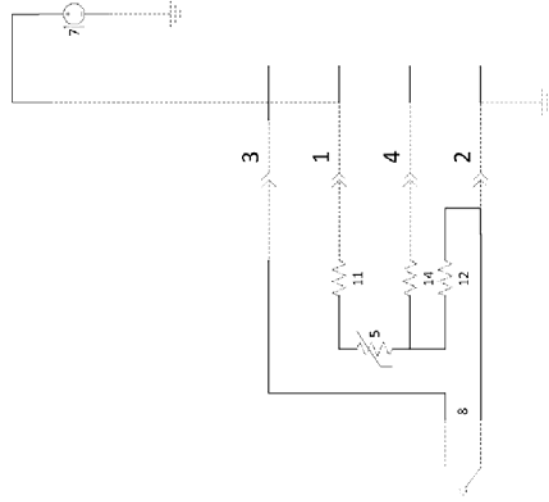


Fig 1c

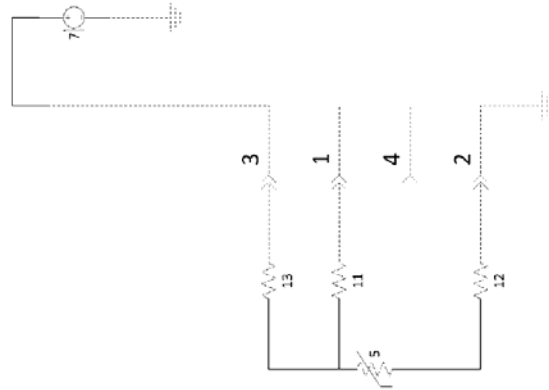


Fig 1b

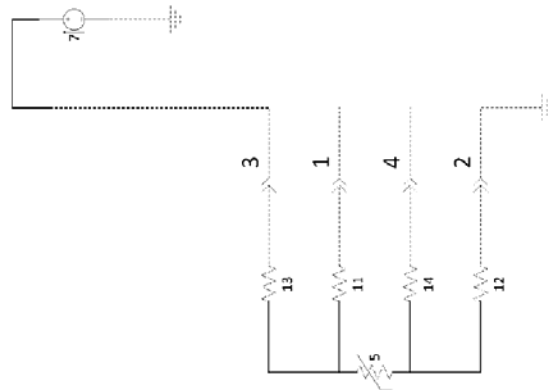


Fig 1a

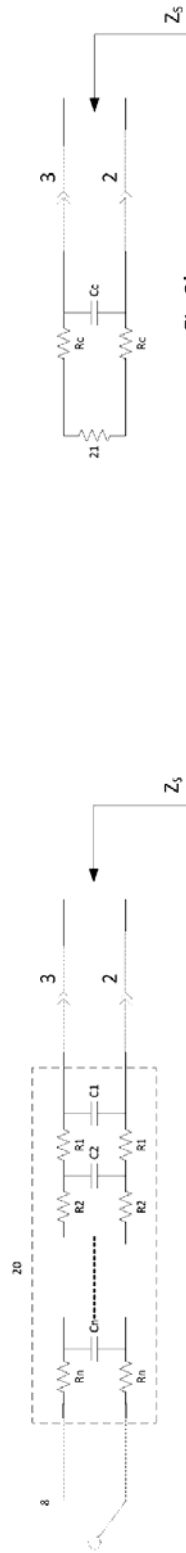


Fig 2a

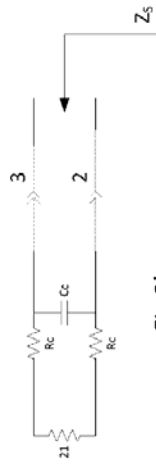


Fig 2b

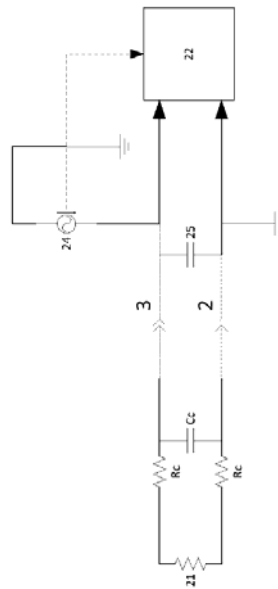


Fig 2c

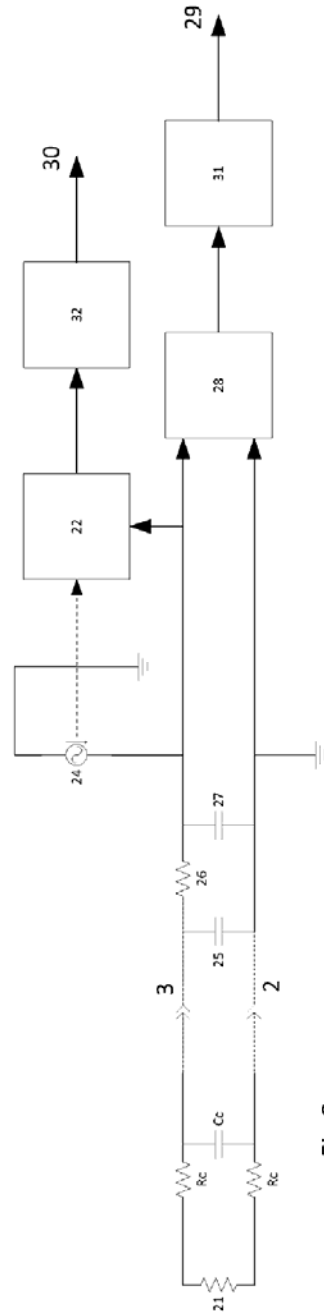


Fig 3

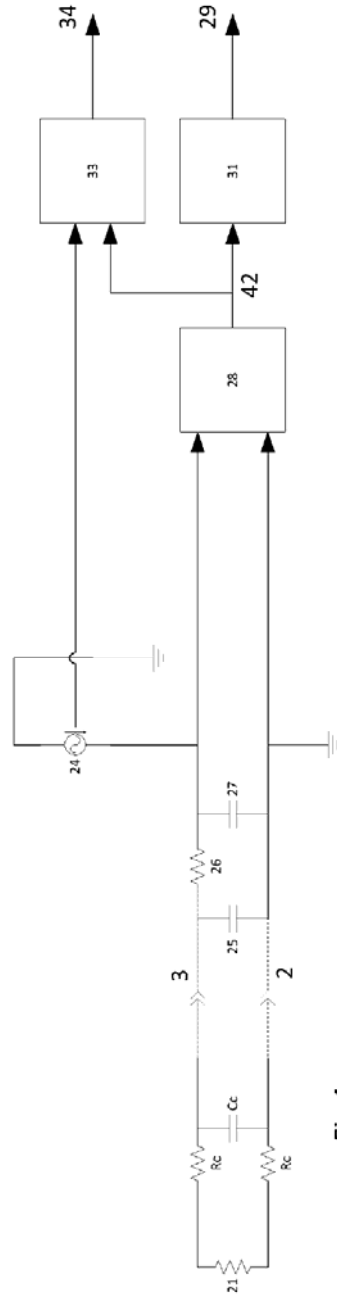


Fig 4

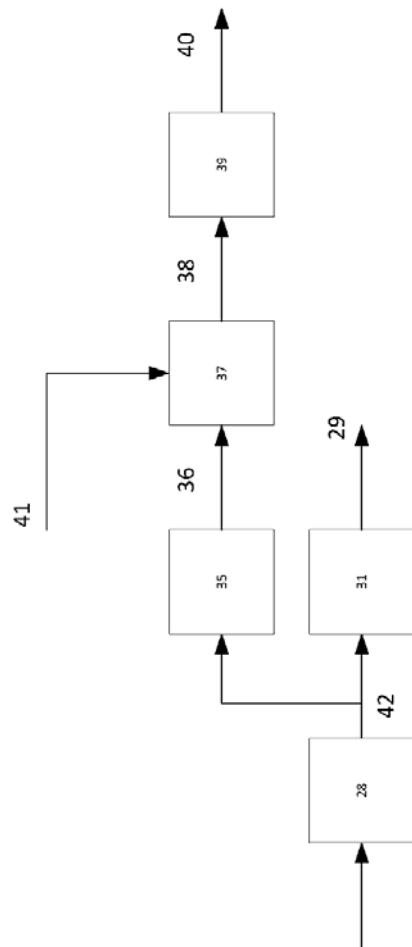


Fig 5