

# **SISTEMA DE LOCALIZACIÓN DE FALLAS PARA UNA INSTALACIÓN DE TRANSPORTE POR CABLE QUE COMPRENDE UNA LÍNEA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA CON MÓDULOS DE LOCALIZACIÓN Y MÉTODO PARA LOCALIZAR UNA FALLA EN UNA INSTALACIÓN DE TRANSPORTE POR CABLE**

## **CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION**

**[0001]** En términos generales, la invención se refiere al campo técnico de instalaciones destinadas para el transporte de personas o equipamiento mediante cable aéreo, en particular elevadores mecánicos utilizados en centros de esquí tales como teleféricos, aerosillas, o remontes.

**[0002]** La invención también se refiere con mayor especificidad a un sistema de localización de fallas sobre una línea de seguridad eléctrica a lo largo de dicha instalación de transporte por cable.

## **ESTADO DE LA TÉCNICA**

**[0003]** Como se conoce *per se*, una instalación de transporte por cable incluye al menos una denominada línea de seguridad eléctrica a la que se conectan en serie una pluralidad de contactos eléctricos de fallas de cable que se distribuyen a lo largo de la instalación de transporte. Estos contactos de falla están ubicados en diversos pilones de la instalación, por ejemplo, y se activan mediante detectores de fallas mecánicas que detectan un incidente de descarrilamiento del cable en un pilón gracias a, por ejemplo, barras de seguridad rompibles.

**[0004]** Tan pronto como se abre uno de los contactos de falla, es decir, por ejemplo, el descarrilamiento de un cable, la continuidad de la línea de seguridad se rompe, lo que permite que la instalación de transporte se detenga rápidamente por razones obvias de seguridad.

**[0005]** Sin embargo, cuando ocurre una falta tal, es esencial poder localizar la falla de la mejor manera posible para poder corregirla lo más rápido posible y de este modo minimizar la detención de la instalación. Sin embargo, una instalación de transporte por cable aéreo cubre una gran distancia con una gran cantidad de pilones cuyo acceso puede ser difícil y requerir mucho tiempo, en especial en las montañas. Por lo tanto, es importante tener un sistema que ayude los operadores a localizar una falla.

**[0006]** Existen ya soluciones que asisten en la localización de una falla de cable. Por

ejemplo, el documento EP0180501 describe un dispositivo en el que la localización se lleva a cabo mediante la medición del tiempo necesario para que una señal eléctrica recorra la distancia entre el transmisor de señal eléctrica, ubicado, por ejemplo, en la estación base o la unidad de seguridad, y el detector de fallas. Sin embargo, dicho sistema puede volverse menos preciso y menos confiable con el tiempo, en particular debido al desgaste y rotura del dispositivo.

**[0007]** Otra solución divulgada en el documento FR2504482 consiste en conectar cada contacto de falla a un resistor en paralelo, cuyo valor está predeterminado y es específico a la posición en el contacto de falla dentro de la instalación. Cuando uno de los contactos de falla se abre, la resistencia total de la línea de seguridad cambia de acuerdo con el valor de la resistencia del contacto abierto. Al medir el cambio en el voltaje sobre la línea de seguridad, se puede deducir el valor del resistor paralelo y, por lo tanto, se puede identificar el contacto averiado. Sin embargo, dicho sistema también es impreciso para instalaciones extensas con numerosos contactos de falla. Además, debido a que es necesario un valor de resistencia separado en paralelo con cada contacto de falla, mantener dicho sistema es complicado. Del mismo modo, un sistema tal dejaría de ser funcional si ocurrieran dos fallas al mismo tiempo.

#### **DIVULGACIÓN DE LA INVENCION**

**[0008]** Por esta razón, la invención tiene como objetivo remediar todos o algunos de los inconvenientes del estado de la técnica al ofrecer una solución simple y confiable para localizar una falla de cable en una instalación de transporte.

**[0009]** Con ese fin, la invención describe un sistema de localización de fallas en una instalación de transporte por cable, en donde el sistema de localización comprende una unidad de seguridad, un módulo final, y una línea de seguridad eléctrica que conecta la unidad de seguridad con el módulo final, en donde la línea de seguridad comprende una pluralidad de contactos de falla de cable del tipo normalmente cerrado que se conectan en serie a lo largo de la línea de seguridad y que, al abrirse, señalizan una falla de cable en la instalación de transporte. El sistema de localización se caracteriza debido a que dicho sistema comprende una pluralidad de módulos de localización distribuidos a lo largo de la instalación de transporte, en donde cada uno de estos comprende un primer contacto de prueba del tipo normalmente abierto, lo que hace posible el cortocircuito de la línea de seguridad, y de este modo, una vez que se detecta una falla proveniente de uno de los contactos de falla de cable, cada módulo de localización es capaz de cerrar su primer contacto de prueba de manera selectiva para que se puede localizar dicho contacto averiado en la línea de seguridad.

**[0010]** De acuerdo con una característica, cada módulo de localización también comprende un segundo contacto de prueba del tipo normalmente cerrado conectado en serie a lo largo de la línea de seguridad. Después de detectar una falla de cortocircuito en la línea de seguridad, cada módulo de localización es capaz de abrir de manera selectiva su segundo contacto de prueba de modo que se pueda localizar dicha falla de cortocircuito en la línea de seguridad.

**[0011]** De acuerdo con otra característica, la unidad de seguridad comprende medios de detección para detectar una falla de cable y una falla de cortocircuito que ocurren en la línea de seguridad.

**[0012]** De acuerdo con otra característica, la unidad de seguridad comprende medios para comunicarse con los módulos de localización para solicitar el cierre del primer contacto de prueba de los módulos de localización de modo que, cuando se detecta una falla de cable proveniente de uno de los contactos de falla de cable, la unidad de seguridad lleva a cabo una secuencia iterativa al solicitar a los módulos de localización que cierren temporalmente el primer contacto de prueba, uno tras otro, hasta que se determine la localización de la falla de cable entre dos módulos de localización consecutivos.

**[0013]** De acuerdo con otra característica, la unidad de seguridad comprende medios para comunicarse con los módulos de localización para solicitar la apertura del segundo contacto de prueba de los módulos de localización de modo que, cuando se detecta una falla de cortocircuito que ocurre en la línea de seguridad, la unidad de seguridad lleva a cabo una secuencia iterativa al solicitar a los módulos de localización que abran temporalmente su segundo contacto de prueba, uno tras otro, hasta que se determine la localización de la falla de cortocircuito entre dos módulos de localización consecutivos.

**[0014]** De acuerdo con otra característica, cada módulo de localización comprende medios de detección para detectar una falla de cable y una falla de cortocircuito que ocurren en la línea de seguridad. Cuando se detecta una falla de cable proveniente de uno de los contactos de falla de cable, cada módulo de localización cierra su primer contacto de prueba durante un tiempo determinado que es una función de la clasificación del módulo de localización en la instalación de transporte. De manera similar, cuando se detecta una falla de cortocircuito en la línea de seguridad, cada módulo de localización abre su segundo contacto de prueba durante un tiempo determinado que es una función de la clasificación del módulo de localización en la instalación de transporte.

**[0015]** La invención también describe un método para localizar una falla en una instalación de transporte por cable mediante dicho sistema de localización. Cuando se detecta una falla de cable proveniente de uno de los contactos de falla de cable, la unidad de seguridad lleva a cabo una secuencia iterativa al solicitar a los módulos de localización que cierren temporalmente su primer contacto de prueba, uno tras otro, mientras se analizan las señales recorridas sobre la línea de seguridad, hasta que se determine la localización de la falla de cable entre dos módulos de localización consecutivos. Cuando se detecta una falla de cortocircuito que ocurre en la línea de seguridad, la unidad de seguridad lleva a cabo una secuencia iterativa al solicitar a los módulos de localización que abran temporalmente su segundo contacto de prueba, uno tras otro, mientras se analizan las señales recorridas sobre la línea de seguridad, hasta que se determine la localización de la falla de cortocircuito entre dos módulos de localización consecutivos. De acuerdo con una característica, la secuencia iterativa es incremental, en disminución, o dicotómica.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

**[0016]** Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción, que se da con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 muestra una vista esquemática simplificada de una forma de realización de una línea de seguridad del estado de la técnica en una instalación de transporte por cable,

la figura 2 es una vista esquemática simplificada de una línea de seguridad de acuerdo con la invención,

la figura 3 muestra un ejemplo de diagramas de señales de voltaje que viajan sobre la línea de seguridad,

las figuras 4.1 a 4.4 muestran un ejemplo de una secuencia para localizar una falla de cable que ocurre en la línea de seguridad,

las figuras 5.1 a 5.4 muestran un ejemplo de una secuencia para localizar una falla de cortocircuito que ocurre en la línea de seguridad.

#### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UNA FORMA DE REALIZACIÓN**

**[0017]** En referencia a la figura 1, un sistema de detección de falla de cable para una instalación de transporte por cable comprende, por medios conocidos, un circuito de seguridad eléctrica conectado entre una unidad de seguridad central 10, en un extremo, y un módulo final 13, en el otro extremo. El circuito de seguridad consiste en una línea de seguridad principal 11 y una línea de retorno 12. El módulo final 13 incluye, por ejemplo, un diodo cuyo cátodo está conectado al suelo, y la unidad de

seguridad 10 también está conectada al suelo, de modo que la línea de retorno 12 del circuito de seguridad pasa a través del suelo.

**[0018]** La unidad de seguridad 10 es un módulo de control y monitoreo que está ubicado generalmente en una estación de accionamiento de la instalación de transporte. Incluye medios para transmitir señales sobre la línea de seguridad 11 así como medios para detectar una apertura de la línea de seguridad 11 o un cortocircuito que ocurre en la línea de seguridad 11, al analizar las señales que viajan sobre la línea de seguridad 11. Preferentemente, también incluye medios de señalización y diálogo hombre-máquina, en particular para señalar la localización de una falla a los operadores de la instalación de transporte.

**[0019]** La línea de seguridad 11 incluye una pluralidad de contactos de falla 14, que representan una falla del cable de instalación, tal como un descarrilamiento. Son del tipo normalmente cerrado y se conectan en serie a lo largo de la línea de seguridad 11. En este documento, un contacto es del tipo "normalmente cerrado" si se encuentra en la posición cerrada (es decir, conductora de electricidad) por defecto, en la ausencia de cualquier comando. A la inversa, un contacto es del tipo "normalmente abierto" si se encuentra en la posición abierta (es decir, no conductora de electricidad) por defecto, en la ausencia de cualquier comando. Por lo tanto, durante el funcionamiento normal, cuando todos los contactos de falla de cable 14 se encuentran en la posición cerrada, el circuito de seguridad formado por la línea de seguridad 11 y la línea de retorno 12 es conductor. Sin embargo, si uno de los contactos de falla 14 cambia a la posición abierta, el circuito de seguridad 11 se romperá y causará una falla de cable. A fin de simplificar los dibujos, el ejemplo mostrado en las figuras solo incluye cuatro contactos de falla 14 esparcidos a lo largo de la línea de seguridad 11.

**[0020]** Un contacto de falla 14 consiste directamente, por ejemplo, en una barra conductora rompible que se puede colocar en las proximidades de un rodillo, en un pilón, sobre el que pasa un cable, y que, al romperse indica que el cable ha dejado su posición en el rodillo. También pueden usarse barras mecánicas rompibles que, al romperse, accionan un sensor de posición que sirve como un contacto de falla 14. Preferentemente, existe una pluralidad de contactos de falla 14 en cada pilón de la instalación.

**[0021]** En referencia a la figura 2, el sistema de localización de acuerdo con la invención incluye una pluralidad de módulos de localización 20 distribuidos sobre la instalación de transporte. Cada módulo de localización 20 incluye un contacto 21 del tipo normalmente abierto, denominado un primer contacto de prueba, así como medios

de control electrónico para dicho contacto 21. El primer contacto de prueba 21 está configurado de modo que cuando se le ordena cerrarse, este provoca un cortocircuito en la línea de seguridad 11, por ejemplo al conectarla al suelo.

**[0022]** Los módulos de localización 20 se puede colocar, por ejemplo, en cada pilón, pero en función de la configuración geográfica de la instalación de transporte y la precisión deseada de la localización de la falla, se puede decidir tener una pluralidad de módulos de localización 20 por pilón, o un módulo de localización 20 cada varios pilones. Sin embargo, es claro que cuanto mayor sea el número de módulos de localización 20, más precisa será la localización de una falla de cable o de una falla de cortocircuito.

**[0023]** A fin de simplificar los dibujos, el ejemplo mostrado en diversas figuras incluye cuatro módulos de localización 20 conectados a lo largo de la línea de seguridad 11 corriente abajo de cada contacto de falla 14. En este documento, por convención, se dirá que un punto A está corriente abajo de un punto B en la línea de seguridad 11 si el punto B está físicamente ubicado entre la unidad de seguridad 10 y el punto A. Del mismo modo, se dirá que un punto A está corriente arriba de un punto B en la línea de seguridad 11 si el punto A está físicamente ubicado entre la unidad de seguridad 10 y el punto B.

**[0024]** De acuerdo con la invención, los primeros contactos de prueba 21 se usan para localizar fallas provenientes de uno de los contactos de falla de cable 14. Para hacer esto, cuando se detecta una falla de cable, es decir, cuando uno de los contactos de falla de cable 14 está abierto, cada módulo de localización 20 es capaz de cerrar su primer contacto de prueba 21 de manera temporal y selectiva para poder localizar el contacto de falla de cable 14 averiado en la línea de seguridad 11, de acuerdo con un funcionamiento que se describirá en detalle a continuación.

**[0025]** Además, también es importante para los operadores de la instalación de transporte poder localizar también cualquier falla de cortocircuito que puede surgir inesperadamente a lo largo de la línea de seguridad 11. Cuando ocurre una falla de cortocircuito, tal como una puesta a tierra accidental debida a una mala conexión eléctrica en uno de los pilones, la línea de seguridad 11 ya no es operativa y, por lo tanto, es preferible localizar rápidamente esta falla para evitar una detención prolongada de la instalación de transporte.

**[0026]** Por esta razón, cada módulo de localización 20 también puede incluir, ventajosamente, un contacto suplementario denominado un segundo contacto de prueba 22, así como un medio de control electrónico para dicho segundo contacto de

prueba 22. El segundo contacto de prueba 22 es un contacto normalmente cerrado y está configurado de modo que, cuando se le ordena abrirse, esto crea una apertura en la línea de seguridad 11.

**[0027]** Los segundos contactos de prueba 22 se usan para localizar fallas de cortocircuito en la línea de seguridad 11 ya que, de acuerdo con la invención, cuando se detecta un cortocircuito, cada módulo de localización 20 es capaz de abrir su segundo contacto de prueba 22 de manera temporal y selectiva para poder localizar dicha falla de cortocircuito en la línea de seguridad 11, de acuerdo con un funcionamiento que se describirá en detalle a continuación.

**[0028]** Las figuras 4.1 a 4.4 muestran en detalle una forma de realización del funcionamiento de la secuencia que debe llevarse a cabo para localizar una falla de cable. En estas figuras, uno puede ver cuatro módulos de localización 20 denominados 20a, 20b, 20c, y 20d, respectivamente, en donde cada uno comprende un primer contacto de prueba 21 denominado 21a, 21b, 21c y 21d, respectivamente.

**[0029]** La figura 4.1 muestra la aparición de una falla de cable representada por la apertura del contacto de falla de cable 14c, que causa la apertura de la línea de seguridad 11. Después de que esta apertura de la línea de seguridad 11 sea detectada por la unidad de seguridad 10, se inicia una secuencia iterativa para localizar la falla de cable. En efecto, la unidad de seguridad 10 solicitará a los módulos de localización 20 que cierren temporalmente su primer contacto de prueba 21 uno por uno (es decir, de manera separada uno tras otro) y analizará las señales que viajan sobre la línea de seguridad 11 después de cerrarse, hasta que se determine la localización de la falla de cable entre dos módulos de localización 20 consecutivos.

**[0030]** Por lo tanto, la unidad de seguridad 10 selecciona un primer módulo de localización 20a (por ejemplo, el más cercano a la unidad de seguridad 10) y le pide que realice un cortocircuito temporal (por ejemplo, durante 1 segundo) al cerrar su primer contacto de prueba 21a, como se indica en la figura 4.2. En ese momento, si la unidad de seguridad 10 detecta que la línea de seguridad 11 ya no está abierta sino que está en cortocircuito, significa que el contacto de falla de cable 14c que está abierto yace corriente abajo del primer contacto de prueba 21a (que es el caso en figura 4.2), es decir, que el primer módulo de localización 20a se encuentra entre la unidad de seguridad 10 y el contacto de falla de cable 14c averiado.

**[0031]** A continuación, después de esperar a que se vuelva a abrir el primer contacto de prueba 21a, la unidad de seguridad 10 selecciona un segundo módulo de localización 20b para a su vez realizar el cortocircuito temporal, y le pide que cierre su

primer contacto de prueba 21b, como se indica en la figura 4.3. En ese momento, si la unidad de seguridad 10 detecta nuevamente que la línea de seguridad 11 ya no está abierta sino que está en cortocircuito, significa que el contacto de falla de cable 14c todavía yace corriente abajo del primer contacto de prueba 21b (que es el caso en figura 4.3), es decir, que el segundo módulo de localización 20b se encuentra entre la unidad de seguridad 10 y el contacto de falla de cable 14c averiado.

**[0032]** A continuación, después de esperar a que se vuelva a abrir el primer contacto de prueba 21b, la unidad de seguridad 10 selecciona un tercer módulo de localización 20c para a su vez realizar un cortocircuito temporal al cerrar su primer contacto de prueba 21b, como se indica en la figura 4.4. Al contrario de los dos casos anteriores, la unidad de seguridad 10 no detectará un cortocircuito, pero seguirá viendo la línea de seguridad 11 como abierta. Esto significa que contacto de falla de cable 14c está ahora ubicado corriente arriba del primer contacto de prueba 21c, es decir, el contacto de falla de cable 14c está ubicado entre la unidad de seguridad 10 y el tercer módulo de localización 20c. De esta manera, es fácil deducir que la falla de cable está ubicada entre los módulos de localización consecutivos 20b y 20c, lo que completa la secuencia de localización de falla de cable.

**[0033]** En un sistema de localización que comprende un número N de módulos de localización 20, son posibles varios tipos de secuencias iterativas. En el ejemplo de las figuras 4.1 a 4.4, la secuencia es referida como incremental dado que comienza con el módulo de localización 20a de clasificación 1 (más cercano a la unidad de seguridad 10) y la clasificación del módulo de localización que estará en cortocircuito temporalmente luego incrementa de manera iterativa hasta que se encuentra la clasificación i para la que la unidad de seguridad 10 ya no detecta el cortocircuito en la línea de seguridad 11, para deducir que la falla está localizada entre los módulos de localización 20 de las clasificaciones i e i-1.

**[0034]** De manera equivalente, la secuencia puede estar en disminución, es decir, que comienza con el último módulo de localización de clasificación N (más cercano al módulo final 13) y la clasificación del módulo de localización que estará en cortocircuito temporalmente luego disminuye de manera iterativa hasta que se encuentra la clasificación i en la que la unidad de seguridad 10 detecta un cortocircuito en la línea de seguridad 11, para deducir que la falla está localizada entre los módulos de localización de las clasificaciones i e i+1.

**[0035]** De manera similar, la secuencia puede ser dicotómica, es decir, que comienza con un cortocircuito temporal en el módulo de localización de la clasificación N/2 (o

cerca de  $N/2$ ) para separar la línea de seguridad 11 en dos zonas y luego, en función del resultado, continúa con el módulo de localización 20 de cualquiera de las clasificaciones  $3N/4$  o  $N/4$  y continúa de esta manera al separar dos zonas ante cada iteración hasta alcanzar clasificaciones consecutivas. La secuencia dicotómica puede tener la ventaja de ser más rápida si el número  $N$  de módulos de localización es grande.

**[0036]** Las figuras 5.1 a 5.4 muestran en detalle una forma de realización del funcionamiento de la secuencia que debe llevarse a cabo para localizar una falla de cortocircuito. En estas figuras, uno puede ver cuatro módulos de localización 20 denominados 20a, 20b, 20c, y 20d, respectivamente, en donde cada uno comprende un segundo contacto de prueba 22 denominado 22a, 22b, 22c y 22d, respectivamente.

**[0037]** La figura 5.1 muestra la aparición de una falla de cortocircuito entre la línea de seguridad 11 y el suelo que ocurre en una localización denominada 19. Después de que este cortocircuito en la línea de seguridad 11 sea detectado por la unidad de seguridad 10, se inicia una secuencia iterativa para localizar la falla de cortocircuito. En efecto, la unidad de seguridad 10 solicitará a los módulos de localización 20 que abran su segundo contacto de prueba 22 uno por uno (es decir, de manera separada uno tras otro) y analizará las señales que viajan sobre la línea de seguridad 11 después de cada apertura, hasta que se determine la localización del cortocircuito 19 entre dos módulos de localización 20 consecutivos.

**[0038]** Por lo tanto, la unidad de seguridad 10 selecciona un primer módulo de localización 20a (por ejemplo, el más cercano a la unidad de seguridad 10) y le pide que abra temporalmente la línea de seguridad 11 (por ejemplo, durante 1 segundo) al abrir su segundo contacto de prueba 22a, como se indica en la figura 5.2. En ese momento, si la unidad de seguridad 10 detecta que la línea de seguridad 11 ya no está en cortocircuito sino que está abierta, significa que la ubicación del cortocircuito 19 está corriente abajo del segundo contacto de prueba 22a (que es el caso en figura 5.2), es decir, que el primer módulo de localización 20a se encuentra entre la unidad de seguridad 10 y el cortocircuito 19.

**[0039]** A continuación, después de esperar a que se vuelva a cerrar el segundo contacto de prueba 22a, la unidad de seguridad 10 selecciona un segundo módulo de localización 20b y a su vez le pide que abra temporalmente la línea de seguridad 11 al abrir su segundo contacto de prueba 22b, como se indica en la figura 5.3. En ese momento, si la unidad de seguridad 10 detecta nuevamente que la línea de seguridad 11 ya no está en cortocircuito sino que está abierta, significa que la localización del

cortocircuito 19 todavía está corriente abajo del segundo contacto de prueba 22b (que es el caso en la figura 5.3), es decir, que el primer módulo de localización 20b está ubicado entre la unidad de seguridad 10 y el cortocircuito 19.

**[0040]** A continuación, después de esperar a que se vuelva a abrir el segundo contacto de prueba 22b, la unidad de seguridad 10 selecciona un tercer módulo de localización 20c para a su vez abrir temporalmente la línea de seguridad 11 y le pide que abra su segundo contacto de prueba 22c, como se indica en la figura 5.4. Al contrario de los dos casos anteriores, la unidad de seguridad 10 no detectará la apertura de la línea de seguridad 11, pero seguirá viéndola como en cortocircuito. Esto significa que el cortocircuito 19 está ahora ubicado corriente arriba del segundo contacto de prueba 22c, es decir, el cortocircuito 19 está ubicado entre la unidad de seguridad 10 y el tercer módulo de localización 20c. De esta manera, es fácil deducir que el cortocircuito 19 está ubicado entre los módulos de localización consecutivos 20b y 20c, lo que completa la secuencia de localización de falla de cortocircuito.

**[0041]** De la misma manera que para las secuencias de localización de falla de cable, son posibles varios tipos de secuencias para localizar un cortocircuito como parte de la invención, es decir, una secuencia incremental, decremental, dicotómica o de otro tipo.

**[0042]** Para aumentar la confiabilidad del sistema, la unidad de seguridad 10 no transmite una señal constante sobre la línea de seguridad 11, sino que transmite una señal variable, como una señal de voltaje de onda cuadrada periódica con una amplitud del orden de  $\pm 12V$  y con un período del orden de algunas decenas de milisegundos (por ejemplo, 55 milisegundos, que es aproximadamente 18 Hz). En esta forma de realización, los diagramas de voltaje en función del tiempo se muestran en la figura 3. Esta figura muestra tres curvas de tensión S1, S2 y S3 en la línea de seguridad 11, en función de las distintas situaciones. La primera curva S1 muestra la señal medida por la unidad de seguridad 10 o por los módulos de localización 20 cuando el funcionamiento es normal durante la transmisión de una señal de onda cuadrada. En esta curva S1, la media onda positiva de la señal medida se atenúa efectivamente debido al diodo del módulo final 13, que conduce a tierra en esta media onda.

**[0043]** Cuando una falla de cable hace que la línea de seguridad 11 se abra, la segunda curva S2 de la figura 3 representa la señal medida por la unidad de seguridad 10 o por un módulo de localización 20 colocado corriente arriba del contacto de falla de cable abierto 14. Incluso la corriente ya no fluye por la línea de seguridad 11, la curva S2 corresponde directamente a la señal de tensión transmitida por la unidad de

seguridad 10, sin atenuación dado que el diodo del módulo final 13 ya no está conectado.

**[0044]** La tercera curva S3 corresponde a una señal cero medida en caso de cortocircuito en la línea de seguridad 11. La tercera curva S3 también corresponde a la señal que podría ser medida por un módulo de localización 20 ubicado corriente abajo de una falla de cable (es decir, entre el contacto de falla abierto 14 y el módulo final 13), porque este módulo de localización ya no está detectando cualquier cosa, ya que la línea de seguridad 11 está abierta corriente arriba.

**[0045]** La unidad de seguridad 10 puede comunicarse con los módulos de localización 20 del sistema de localización de acuerdo con un protocolo estandarizado o no estandarizado. El medio físico para esta comunicación es cableado o inalámbrico mediante, por ejemplo, una red WiFi o una LPWAN (Low Power Wide Area Network), o por otros medios. Si la comunicación está cableada, puede tener lugar directamente en los conductores de la línea de seguridad 11 al superponer las señales de comunicación en la señal de onda cuadrada periódica, o preferentemente mediante el uso de otros conductores potencialmente disponibles en el cable eléctrico de múltiples hilos utilizado para la línea de seguridad 11. Para una nueva instalación, se utiliza preferentemente la comunicación por cable con conductores eléctricos dedicados. Pero si se está renovando una instalación existente y no hay otros conductores disponibles, la comunicación se superpone al conductor de la línea de seguridad 11.

**[0046]** Esta comunicación permite que la unidad de seguridad 10 controle las secuencias de localización iterativas al enviar órdenes a los módulos de localización 20 para abrir y cerrar sus contactos de prueba 21, 22. Además, para aumentar la confiabilidad de esta comunicación, durante las secuencias iterativas cuando la unidad de seguridad 10 envía una orden a un módulo de localización 20 para cerrar su primer contacto de prueba 21 o para abrir su segundo contacto de prueba 22, el protocolo de comunicación puede hacer que este módulo de localización 20 envíe una confirmación a la unidad de seguridad 10 mediante comunicación de retorno para indicar que la orden se ha ejecutado.

**[0047]** Sin embargo, cuando la comunicación utiliza directamente el conductor de la línea de seguridad 11, está claro que una apertura o un cortocircuito de esta línea de seguridad 11 imposibilita la comunicación entre la unidad de seguridad 10 y todos o algunos de los módulos de localización 20. Por ello, en este caso se propone otra forma de realización que no depende de esta comunicación.

**[0048]** En esta forma de realización, los diversos módulos de localización 20 pueden

analizar por sí mismos las señales que viajan a través de la línea de seguridad 11. Por lo tanto, tienen los medios para detectar una falla de cable y una falla de cortocircuito que ocurre en la línea de seguridad 11 y son capaces de cerrar selectivamente su primer contacto de prueba 21 o abrir su segundo contacto de prueba 22.

**[0049]** Así, cuando los módulos de localización 20 detectan una apertura de la línea de seguridad 11, la secuencia es la siguiente: el primer módulo de localización 20, es decir, el módulo con una clasificación de 1, crea un cortocircuito al cerrar su primer contacto de prueba 21 durante 1 segundo y luego al volver a abrirlo durante 1 segundo. Por tanto, el módulo de localización 20 con una clasificación de 2 espera 2 segundos antes de cerrar, a su vez, su primer contacto de prueba 21 durante 2 segundos y luego volver a abrirlo durante 1 segundo. Asimismo, el módulo de localización 20 con una clasificación de 3 espera 5 segundos antes de cerrar su primer contacto de prueba 21 durante 3 segundos y luego volver a abrirlo durante 1 segundo. Y así sigue, cada módulo de localización 20 con una clasificación de  $i$  espera un tiempo igual a  $((i-1)*(i/2+1))$  segundos antes de cerrar su primer contacto de prueba 21 durante un período de tiempo de  $i$  segundos y luego volver a abrirlo durante 1 segundo. Así, al medir el número  $i$  de segundos durante los cuales se crea un cortocircuito temporal, es posible saber que el cortocircuito temporal fue creado por el módulo de localización 20 de clasificación  $i$  sin necesidad de comunicación entre los módulos de localización 20 y la unidad de seguridad 10.

**[0050]** Asimismo, cuando los módulos de localización 20 detectan una falla de cortocircuito, la secuencia es la siguiente: el primer módulo de ubicación 20 de clasificación 1 crea una apertura temporal de la línea de seguridad 11 al abrir su segundo contacto de prueba 22 durante 1 segundo y luego cerrarlo durante 1 segundo. Por lo tanto, el módulo de localización 20 con una clasificación de 2 espera 2 segundos antes de abrir su segundo contacto de prueba 22 durante 2 segundos y luego cerrarlo durante 1 segundo. Y así sigue, cada módulo de localización 20 con una clasificación de  $i$  espera un tiempo igual a  $((i-1)*(i/2+1))$  segundos antes de abrir su segundo contacto de prueba 22 durante un período de tiempo de  $i$  segundos y luego cerrarlo durante 1 segundo. Así, al medir el número  $i$  de segundos durante los cuales la línea de seguridad 11 se abre temporalmente, es posible saber que la apertura temporal fue creada por el módulo de localización 20 de clasificación  $i$  sin necesidad de comunicación entre los módulos y la unidad de seguridad.

**[0051]** La alimentación eléctrica de los módulos de localización 20 se puede proporcionar de varias formas: los módulos pueden ser autónomos si tienen una

batería interna o si están alimentados por un panel solar de una torre, por ejemplo. Pero para evitar la instalación de una fuente de alimentación local, también se pueden alimentar a través de un conductor disponible en el cable eléctrico de múltiples hilos utilizado para la línea de seguridad 11. Por último, la fuente de alimentación puede provenir directamente de la línea de seguridad 11 mediante la señal de onda cuadrada, que es suficiente para cargar una batería o un condensador, pero luego puede estar sujeta a roturas en la línea de seguridad 11.

**[0052]** La invención también propone una solución para una mejor comprensión del problema de averías accidentales o transitorias que pueden producirse en una instalación de transporte por cable, especialmente por vibraciones en los rodillos del pilón o condiciones meteorológicas adversas (hielo, lluvia, viento, etc.). Estos fallos aleatorios también pueden ser aperturas transitorias de la línea de seguridad 11 así como cortocircuitos transitorios. Resulta que cuando una falla solo ocurre de manera transitoria y no clara, encontrar la verdadera causa es muy largo y tedioso.

**[0053]** Para ello, ya se sabe que se puede asegurar la redundancia instalando dos líneas de seguridad en paralelo a lo largo de la instalación de transporte, con, por ejemplo, un conjunto de pares de barras que se unen de dos en dos, con cada barra conectada a una de las líneas de seguridad. Un primer tipo de operación es trabajar en un modo llamado Normal - Backup, es decir, solo una de las dos líneas de seguridad está activa en un momento dado mientras la otra de las dos líneas de seguridad está pasiva y, si se detecta una falla en la línea activa, un interruptor a la otra línea de seguridad se puede hacer fácilmente. También es posible un segundo tipo de operación: las dos líneas están activas mientras la instalación de transporte está en operación. En caso de falla en una de las dos líneas, el operador, tras realizar determinadas comprobaciones de seguridad, selecciona la línea que permanece operativa y reinicia la instalación.

**[0054]** Gracias a esta redundancia y al sistema de localización de la invención, es más fácil localizar una falla en la línea de seguridad que sufre fallas transitorias cuando no está activa. Para aislar mejor una falla, se intenta acortar esa línea al segmentarla en dos partes y monitorear la parte restante durante un período de tiempo suficiente para ver si la falla transitoria continúa ocurriendo o no en las mismas condiciones.

**[0055]** Para segmentar la línea, la unidad de seguridad 10 solicita a un módulo de localización 20 ubicado aproximadamente en el medio de la línea de seguridad que realice una acción inversa de la falla detectada: es decir, que abra su segundo contacto de prueba 22 si la falla transitoria es un cortocircuito, o para cerrar su primer

contacto de prueba 21 si la falla transitoria es una falla de cable. Si la falla transitoria continúa ocurriendo en las mismas condiciones, significa que la falla está ubicada en la parte corriente arriba de la línea entre la unidad de seguridad 10 y el módulo de localización 20. Si la falla transitoria ya no ocurre bajo las mismas condiciones, significa que la falla está ubicada en la porción corriente abajo de la línea entre el módulo de localización 20 y el módulo final 13. La secuencia dicotómica se reitera luego al segmentar nuevamente en dos la parte identificada de la línea de seguridad, hasta que la falla inadvertida se ubique entre dos módulos de localización consecutivos.

**[0056]** Además, se pueden realizar autopuebas en el sistema de localización para asegurarse de que esté funcionando correctamente. Preferentemente, estas autopuebas se realizan cuando la instalación de transporte no está en funcionamiento para no poner en peligro la seguridad operativa, por ejemplo, una vez al día antes de la puesta en marcha de la instalación. La unidad de seguridad solicita a cada módulo de localización 20 que realice en sucesión un microcierre de su primer contacto de prueba 21 y luego una microapertura de su segundo contacto de prueba 22, y que analice el impacto en la señal sobre la línea de seguridad 11.

**[0057]** Para establecer y almacenar el número de clasificación *i* en cada módulo de localización 20, puede determinarse, por ejemplo, mediante un número de serie o microinterruptores en el módulo de localización 20. Sin embargo, es preferible poder establecer este número de clasificación *i* por software durante una fase de configuración mientras está conectado a una computadora, como antes de la instalación en el sitio del módulo de localización 20.

**[0058]** Naturalmente, la invención se describe anteriormente como ejemplo. Se entiende que una persona del oficio de nivel medio es capaz de realizar diferentes variantes de forma de realización de la invención sin exceder el alcance de la invención.