

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 450**

51 Int. Cl.:

B61L 15/00 (2006.01)

B61L 25/02 (2006.01)

B61L 25/06 (2006.01)

B60M 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2020** **E 20213314 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2024** **EP 3835169**

54 Título: **Sistema, método y vehículo ferroviario para monitorizar un cable de contacto de una línea aérea de suministro de energía**

30 Prioridad:

12.12.2019 IN 201921051628

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

01.10.2024

73 Titular/es:

ALSTOM HOLDINGS (100.0%)
48 rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen-sur-Seine, FR

72 Inventor/es:

SURESH, PRAVEEN y
GANESAN, MUNIANDI

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 980 450 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, método y vehículo ferroviario para monitorizar un cable de contacto de una línea aérea de suministro de energía

- 5 La presente invención se refiere a un sistema, un método y un vehículo ferroviario para monitorizar un cable de contacto de un suministro de energía aéreo instalada a lo largo de una línea ferroviaria asociada.

10 En el campo de las aplicaciones ferroviarias, se conoce bien el uso de líneas eléctricas que discurren a lo largo de la extensión de una línea ferroviaria y se usan para alimentar eléctricamente vehículos ferroviarios a través de un acoplamiento operativo con el equipo colector de corriente dotado a bordo de los vehículos que van a alimentarse.

15 Un ejemplo típico de tales aplicaciones lo representan las líneas aéreas suspendidas a cierta altura por encima de las vías del tren, a saber, las denominadas catenarias, en donde la energía eléctrica se transfiere a los vehículos ferroviarios en movimiento mediante pantógrafos montados en el techo o equipos colectores de corriente similares, por ejemplo, colectores de proa, postes de tranvía y similares.

20 En particular, en estas aplicaciones, el pantógrafo, o un equipo similar, roza el cable de contacto de una catenaria a lo largo del cual fluye la corriente de la red eléctrica, lo que permite la transferencia de energía de alimentación al vehículo ferroviario en tránsito.

25 Para garantizar un funcionamiento fiable de la línea ferroviaria, es necesario mantener la integridad del cable de contacto y tener una interacción adecuada entre el cable de contacto y los pantógrafos o equipos similares; de hecho, una interacción anómala entre los pantógrafos y los cables de contacto puede provocar situaciones potencialmente peligrosas, como un calentamiento excesivo, la formación de arcos, la erosión de la superficie del cable de contacto, etcétera.

30 Sin embargo, para tales sistemas, y en particular para el cable de contacto, el riesgo de tener piezas defectuosas es intrínseco y sustancialmente inevitable, por ejemplo, debido a las tensiones mecánicas ejercidas por la fricción con los pantógrafos, o simplemente debido al envejecimiento y desgaste mecánico habituales durante el servicio de por vida.

35 Por ejemplo, cualquier parte de un cable de contacto puede alcanzar un diámetro inaceptable debido al consumo mecánico, o puede suspenderse a una altura que no sea compatible o adecuada para una interacción adecuada con los pantógrafos, o puede estar sujeta a un escalonamiento excesivo.

40 Evidentemente, es importante que la aparición de cualquier estado defectuoso y potencialmente peligroso se detecte de la manera más oportuna y precisa posible a fin de introducir medidas correctivas y evitar un mal funcionamiento o fallo que pueda provocar perturbaciones prolongadas e inaceptables, o incluso interrupciones, del tráfico ferroviario.

Estos problemas se han enfrentado a lo largo de los años mediante la implementación de diferentes tipos de medidas.

45 Una solución prevé el uso de vehículos totalmente automatizados diseñados específicamente para realizar operaciones de mantenimiento a lo largo de las líneas ferroviarias. Aunque estos vehículos funcionan correctamente, son bastante caros y, en algunos casos, no son asequibles para los operadores ferroviarios.

Una solución alternativa y más clásica prevé el uso de vehículos no equipados con sistemas automatizados pero provistos de medios adecuados para llevar a cabo la inspección y el mantenimiento manuales.

50 En este caso, existe el riesgo de errores humanos y pueden producirse accidentes menores o graves durante las inspecciones; además, tales inspecciones manuales implican la interrupción del suministro de energía de la sección que se está inspeccionando y, por lo tanto, no se puede enrutar el tráfico a través de esa sección durante el mantenimiento y, en cualquier caso, no pueden tener en cuenta la evolución real y los estados operativos reales entre una intervención ejecutada y la siguiente programada.

55 El documento EP 2 966 400 A1 describe un aparato de medición de posición en líneas aéreas que incluye: un primer y un segundo dispositivo de medición tridimensional; primera y segunda cámara; una parte de configuración de la región de interés para establecer al menos una región de interés en función de los datos de ángulos y los datos de distancia generados por cada uno de los dispositivos de medición tridimensionales primero y segundo; una parte de procesamiento de imágenes para realizar el procesamiento de imágenes en cada uno de los datos de imagen primero y segundo generados respectivamente por la primera y la segunda cámara para enmascarar la imagen excepto para la región de interés, y acumular los primeros y segundos datos de imagen en una memoria; una parte de extracción de líneas aéreas para extraer una línea aérea que satisfaga un estado predeterminado a partir de una imagen bidimensional representada por cada uno de los datos de imagen primero y segundo acumulados; y una parte de cálculo de la posición de la línea aérea para calcular la posición de la línea aérea en relación con el vehículo ferroviario en función de las coordenadas de la línea aérea extraídas por la parte de extracción de la línea aérea.

65 El artículo publicado "Beruehrungslose Messung der Fahrdratlage" de Dirk Wehrhahn, XP001526446, describe un sistema sin contacto para medir la altura real y el escalonamiento de un cable de contacto de una línea eléctrica aérea. El sistema

utiliza sensores que emiten impulsos ultrasónicos reflejados por el cable de contacto hacia los propios sensores. Se pueden usar dos sensores láser para determinar las distancias laterales de un mástil de la línea desde el centro de la pista junto con la medición de la posición del cable de contacto. Los errores en las mediciones debidos al desplazamiento lateral del vehículo o a los cambios de altura del vehículo debidos a la deflexión, o al balanceo del vehículo debido a diferencias en las suspensiones se pueden compensar mediante el uso de sensores ultrasónicos o láser adicionales. El sistema también puede equiparse con una cámara que toma fotografías durante el viaje; de esta manera, las imágenes de ubicaciones individuales donde se han producido desviaciones se pueden enviar directamente a un departamento de servicio para determinar la posición del mástil mediante la evaluación de las imágenes de la cámara.

El documento EP 2 404 777 A1 describe un dispositivo destinado a monitorizar el estado de una línea de suministro ferroviario cuando la línea de suministro está en contacto con la cabeza de un pantógrafo de un vehículo. El dispositivo incluye una cámara para monitorizar los parámetros indicativos de la capacidad operativa de la línea de suministro. El dispositivo también incluye un elemento reflectante que comprende un patrón destinado a disponerse sobre la cabeza del pantógrafo. La cámara está dispuesta en el vehículo para registrar la posición del patrón con respecto a una dirección vertical.

Por tanto, resulta evidente a partir de lo anterior que hay un espacio sustancial y la necesidad de mejoras adicionales en la monitorización de estados de líneas aéreas de suministro de energía de líneas ferroviarias, y en particular de los cables de contacto de estas.

Con este fin, un objetivo principal de la presente invención es proporcionar una solución para una monitorización más oportuna y precisa de cualquier parte de un cable de contacto de una línea aérea de suministro de energía utilizada para alimentar vehículos ferroviarios que discurren a lo largo de una línea ferroviaria.

Dentro del alcance de este objetivo, un objeto de la presente invención es proporcionar una solución que permita monitorizar el estado real de un cable de contacto de un suministro de energía aéreo asociado a una línea ferroviaria y, en particular, que sea adecuada para detectar, sustancialmente en tiempo real, la aparición de cualquier pieza o estado defectuoso a lo largo del cable de contacto.

Aún, un objeto adicional de la presente invención es proporcionar una solución para monitorizar el estado real de un cable de contacto de un suministro de energía aéreo asociado a una línea ferroviaria que sea altamente fiable, relativamente fácil de realizar e implementar a costes competitivos.

Este objetivo, estos objetos y otros que se harán evidentes más adelante, se consiguen mediante un sistema de control para monitorizar un cable de contacto de una línea aérea de suministro de energía instalada a lo largo de una línea ferroviaria asociada según la reivindicación 1.

El objetivo y los objetos mencionados anteriormente de la presente invención también se logran mediante un método para monitorizar un cable de contacto de una línea aérea de suministro de energía a lo largo de una línea ferroviaria asociada según la reivindicación 10.

Finalmente, la presente invención proporciona también un vehículo ferroviario según la reivindicación 9.

Otras características y ventajas resultarán evidentes a partir de la descripción de algunas realizaciones a modo de ejemplo preferidas, pero no exclusivas de un sistema, un método y un vehículo relacionado según la invención, ilustradas sólo a modo de ejemplos no limitativos con los dibujos adjuntos, en donde:

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente un sistema de control para monitorizar un cable de contacto de una línea aérea de suministro de energía instalada a lo largo de una línea ferroviaria asociada según la invención;

la figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método para monitorizar un cable de contacto de una línea aérea de suministro de energía instalada a lo largo de una línea ferroviaria asociada según la invención;

la figura 3 muestra esquemáticamente una realización a modo de ejemplo de un vehículo ferroviario equipado con sensores para detectar los parámetros de un cable de contacto, según la presente invención.

Las figuras 4-5 muestran un pantógrafo equipado con sensores para detectar los parámetros de un cable de contacto, que puede formar parte de las realizaciones de las figuras 1 y 3.

También debe tenerse en cuenta que para describir de manera clara y concisa la presente descripción, los dibujos pueden no estar necesariamente a escala y determinadas características de la descripción pueden mostrarse de manera un tanto esquemática.

Además, cuando el término “adaptado” o “dispuesto” o “configurado” o “formado” o un término similar se usa en la presente para referirse a cualquier componente como un todo, o a cualquier parte de un componente, o a una combinación de componentes, debe entenderse que significa y abarca de manera correspondiente la estructura y/o la configuración y/o la forma y/o el posicionamiento.

En particular, para medios electrónicos y/o de software, cada uno de los términos enumerados anteriormente significa y abarca circuitos electrónicos o partes de los mismos, así como códigos de software almacenados, integrados o en ejecución y/o rutinas, algoritmos o programas completos, diseñados adecuadamente para lograr el resultado técnico y/o los rendimientos funcionales para los que se diseñan tales medios.

Un sistema y un método para monitorizar un cable de contacto de una línea aérea 100 de suministro de energía de una línea ferroviaria se ilustran esquemáticamente en las Figuras 1 y 2, y se indican en las mismas por los números de referencia generales correspondientes 150 y 200, respectivamente.

Como se ilustra esquemáticamente en la figura 3, y según soluciones bien conocidas, la línea aérea 100 de suministro de energía se instala a lo largo de una línea ferroviaria 105 asociada y comprende un cable 101 de contacto y una pluralidad de postes en forma de voladizo, solo uno de los cuales está representado en la figura 3 para facilitar la ilustración y en ella se indica con el número de referencia 102.

Los diversos postes 102 soportan un cable 101 de contacto que se extiende a lo largo de al menos una porción de la línea ferroviaria 105 y es adecuado para alimentar a un vehículo ferroviario que se desplaza a lo largo de la línea ferroviaria 105, representado esquemáticamente por el número de referencia 110, mediante fricción con un equipo colector de corriente asociado que comprende uno o más pantógrafos 111 montados en el techo del propio vehículo 110, por ejemplo, en la locomotora de un tren.

Tal como apreciarán fácilmente los expertos en la técnica, el término vehículo ferroviario 110 usado en el presente documento abarca cualquier tipo de vehículo ferroviario que, cuando se desplaza a lo largo de una línea ferroviaria, es adecuado para alimentarse eléctricamente a través de un cable 101 de contacto y pantógrafo o pantógrafos 111 asociados o equipamiento similar; por tanto, tal término abarca cualquier tipo adecuado de vehículos ferroviarios, tal como un tren, tranvías, que pueden componerse de uno o más vagones o vehículos, o similares.

Tal como se ilustra en la Figura 1, el sistema 150 de control según la invención comprende al menos:

- una unidad 50 de control y procesamiento preferiblemente montada a bordo del vehículo ferroviario 110;
- uno o más sensores 1 que son adecuados para montarse a bordo del vehículo ferroviario 110 y están adaptados para proporcionar a la unidad 50 de control y procesamiento, preferiblemente en tiempo real y de forma sustancialmente continua, las primeras señales S_{det} indicativas de uno o más parámetros correspondientes, tales como la altura (H), el diámetro (D), el escalonamiento (S) del cable 101 de contacto mientras el vehículo ferroviario 110 se desplaza a lo largo de la línea ferroviaria 105;
- uno o más dispositivos 40 que están dispuestos para proporcionar a la unidad 50 de control y procesamiento segundas señales S_p adecuadas para calcular la posición P del vehículo ferroviario 110 a lo largo de la línea ferroviaria 105.

Según una realización, los uno o más dispositivos 40 de este tipo comprenden preferiblemente al menos un sensor inercial multieje adecuado para montarse a bordo del vehículo ferroviario 110; en particular, los uno o más dispositivos 40 comprenden al menos uno de, preferiblemente ambos, un giroscopio multieje 41 y un acelerómetro multieje 42.

En particular, el giroscopio multieje 41 es, por ejemplo, un giroscopio de tres ejes y mide el movimiento rotacional de tres ejes del vehículo 110, que puede usarse para calcular las pendientes, curvas y ángulos de las vías a lo largo de la línea ferroviaria 105; a su vez, el acelerómetro multieje 42 también es, por ejemplo, un acelerómetro 42 de tres ejes que mide la aceleración real del vehículo 110 y se usa para propagar la distancia entre dos postes 102 de catenaria.

El giroscopio 41 de tres ejes y el acelerómetro de tres ejes 42 pueden estar constituidos por dispositivos MEMS disponibles en el mercado.

Según una posible realización, el sistema de control comprende al menos una o más de: una o más bases de datos que almacenan datos seleccionados del grupo que comprende, pero no se limita a, valores de referencia predefinidos y calculados H, D, S para uno o más parámetros del cable 101 de contacto, datos de identificación y/o localización para partes, por ejemplo, el cable 101 de contacto y los postes 102, de la línea 100 de suministro de energía y de la línea ferroviaria 105 asociada; y, según la invención, al menos un módulo de software, preferiblemente dos módulos de software 45, 46, en particular dos filtros de Kalman 45 y 46 de vecindad más próxima.

En particular, según la realización ilustrada en la figura 1, las una o más bases de datos comprenden una primera base de datos 61, o “base de datos de ubicaciones de catenarias 61” y una segunda base de datos 62, o “base de datos de monitorización de líneas aéreas 62”, que están instaladas, por ejemplo, a bordo del vehículo ferroviario 105, y una tercera base de datos 63, o “base de datos de referencia de líneas aéreas 63”, y una cuarta base de datos 64, o “base de datos de monitorización de líneas aéreas 64”, que, por ejemplo, están instaladas en el lado de la pista, por ejemplo, en un centro de control 90.

Por ejemplo, la primera base de datos 61 almacena predominantemente datos de la línea 100 de alimentación aérea y de sus postes en forma de voladizo 102 para localizarlos, tales como uno o más de los siguientes datos, aunque sin limitarse a ellos: nombres o identificadores de las estaciones de tren a lo largo de la línea ferroviaria 105; nombre(s) entre estaciones; identificadores de las vías de la línea 105; identificador o ID calculado para los postes 102 en forma de voladizo; ubicación, es decir, distancia desde una estación, que puede calcularse usando datos del acelerómetro 41 y usando al menos uno de los filtros 45, 46 de Kalman mencionados anteriormente; datos proporcionados por el giroscopio 41, tales como pendiente, curva y similares; próxima sección neutra a lo largo de la línea ferroviaria 105, en términos de distancia desde un poste 102 en voladizo y de longitud de dicha próxima sección neutra; lista de los próximos identificadores de postes 102 en forma de voladizo, ángulos de cambio de vía; valores iniciales de escalonamiento con respecto a la lista de identificadores futuros de postes 102 en forma de voladizo; distancia a la lista de próximos identificadores de postes 102 en forma de voladizo.

A su vez, la segunda o “base 62 de datos de monitorización de líneas aéreas” almacena predominantemente datos de parámetros relevantes para el cable 101 de contacto, junto con datos relevantes para localizar una posición a lo largo de la línea 105, tales como uno o más de los siguientes datos, aunque sin limitarse a estos: nombres o identificadores de las estaciones de tren a lo largo de la línea ferroviaria 105; nombre(s) entre estaciones; identificadores o los ID para los postes 102 en forma de voladizo; identificadores o los ID de las vías de la línea 105; ubicación de los postes 102 en forma de voladizo; distancia desde los postes 102 en forma de voladizo; valores para los parámetros del cable 101 de contacto que va a monitorizarse, tales como la altura, el escalonamiento y el grosor del cable 101 de contacto.

Tal como apreciarán los expertos en la técnica, algunos de los datos indicados anteriormente pueden introducirse/actualizarse manualmente en la primera y/o segunda base 61, 62, de datos y algunos otros pueden calcularse/actualizarse periódicamente, por ejemplo, a través de la unidad 50 de procesamiento.

La tercera o base 63 de datos de referencia de líneas aéreas almacena predominantemente datos de parámetros relevantes para el cable 101 de contacto, junto con datos relevantes para localizar una posición a lo largo de la línea 105, tales como uno o más de los siguientes datos, aunque sin limitarse a estos: nombres o identificadores de las estaciones de tren a lo largo de la línea ferroviaria 105; nombre(s) entre estaciones; identificadores de las vías de la línea 105; identificador o ID para los postes 102 en forma de voladizo; distancia desde los postes 102 en forma de voladizo, valores de referencia o esperados para los parámetros del cable 101 de contacto que se va a monitorizar, tales como la altura real, el escalonamiento y el grosor del cable 101 de contacto, que pueden compararse con los valores realmente calculados.

Tal como apreciarán los expertos en la técnica, algunos de los datos indicados anteriormente pueden introducirse/actualizarse manualmente en la tercera base 63 de datos, y algunos otros pueden calcularse/actualizarse periódicamente, por ejemplo, a través de un servidor centralizado 80 que recibe datos de la unidad 50 de procesamiento.

La cuarta o base 64 de datos de monitorización de líneas aéreas almacena predominantemente datos recibidos de la unidad 50 y relacionados con parámetros relevantes para el cable 101 de contacto, junto con datos relevantes para localizar una posición a lo largo de la línea 105, tales como uno o más de los siguientes datos, aunque sin limitarse a estos: nombres o identificadores de las estaciones de tren a lo largo de la línea ferroviaria 105; nombre(s) entre estaciones; identificadores de las vías de la línea 105; identificador o ID para los postes 102 en forma de voladizo; distancia desde los postes 102 en forma de voladizo; valores calculados para los parámetros del cable 101 de contacto que va a monitorizarse, tales como la altura real, el escalonamiento y el grosor del cable 101 de contacto, que pueden compararse con los valores de referencia; gradiente del cable 101 de contacto, calculado, por ejemplo, por el servidor centralizado 80.

En el sistema 150 de control según la presente invención, la unidad 50 de control y procesamiento está configurada para calcular, preferiblemente en tiempo real:

- uno o más valores reales para al menos uno, preferiblemente cada uno, de los uno o más parámetros H , D , S del cable 101 de contacto basados en al menos las primeras señales S_{det} proporcionadas a través de los uno o más sensores 1 correspondientes; y

- basándose en las segundas señales S_P recibidas desde dichos uno o más dispositivos 40, la posición real P_a del vehículo ferroviario 110 que se desplaza a lo largo de la línea ferroviaria 105, en cuya posición real P_a se han calculado los valores reales para los uno o más parámetros H , D , S del cable 101 de contacto.

Según una posible realización, la unidad de control y procesamiento 50 está configurada para calcular uno o más valores reales para al menos uno de dichos uno o más parámetros H , D , S del cable 101 de contacto basándose también en las segundas señales S_P proporcionadas por al menos uno de dichos uno o más dispositivos 40.

La unidad 50 de control y procesamiento puede ser de tipo concentrado o distribuido, preferiblemente puede montarse completamente a bordo del vehículo ferroviario 110, y puede estar constituida por, o comprender, cualquier dispositivo basado en procesador adecuado, por ejemplo, un procesador de un tipo disponible comercialmente, programado adecuadamente y dotado en la medida necesaria con sistemas de circuitos, para realizar las funcionalidades innovadoras diseñadas dentro del marco de la presente invención.

En particular, en una posible realización, el sistema 150 de control comprende una unidad o módulo 70 de elaboración, comprendida o asociada operativamente a la unidad 50 de control y procesamiento, que está dispuesta para comparar los valores reales calculados por la unidad 50 de control y procesamiento para cada uno de los uno o más parámetros H, D, S con los umbrales correspondientes y para generar una señal S_{al} de alerta correspondiente si un valor calculado de los uno o más parámetros 101 infringe el umbral respectivo.

En la realización ilustrada en la figura 1, la unidad 70 se representa como parte de un servidor centralizado 80 ubicado en un centro 90 de control, alejado de la unidad 50 de control y procesamiento, y está asociada operativamente con la unidad 50 de control y procesamiento. Sin embargo, como apreciarán fácilmente los expertos en la materia, la unidad 70 de elaboración puede ser parte de la unidad 50, puede ser una unidad separada y puede colocarse a bordo del vehículo ferroviario 110.

Dependiendo de las circunstancias, por ejemplo, del tipo y/o la gravedad del estado defectuoso identificado, la señal S_{al} de alerta generada por la unidad 70 puede ser una alerta informativa, una señal que activa una alarma, por ejemplo para mantenimiento, o incluso una señal que activa una interrupción inmediata del suministro de energía, y puede emitirse, por ejemplo, hacia una interfaz 71 de usuario gráfica colocada a bordo del propio vehículo ferroviario 110 y/o a una interfaz gráfica 72 de usuario colocada en el centro 90 de control remoto y/o a un servidor 95 de predicción de fallos.

Además, la interfaz gráfica 71 de usuario, u otra, tal como la interfaz 72 gráfica de usuario, se puede usar para mostrar al menos los valores reales calculados para los uno o más parámetros H, D, S del cable 101 de contacto.

Según una posible realización del sistema 150 de control, los uno o más sensores 1 comprenden uno o más sensores de proximidad, que se ilustran esquemáticamente en la figura 4 con la referencia 10, que están configurados para proporcionar señales S_{det} indicativas de la distancia real H_a del cable 101 de contacto desde una posición de referencia, por ejemplo, la altura del cable 101 de contacto desde la superior de los rieles de la línea 105.

En particular, los uno o más sensores 10 de proximidad comprenden una pluralidad de sensores láser 10 que están montados en la superficie superior externa 112 del techo del vehículo ferroviario 110.

Según la realización a modo de ejemplo ilustrada en la figura 4, se proporciona un conjunto de sensores láser 10, por ejemplo, un conjunto de trece sensores láser 10, que se distribuyen en la superficie superior 112, por debajo y bajo el tramo del cabezal 113 de contacto del pantógrafo 111.

En particular, dado que el movimiento vertical del pantógrafo 111 es sustancialmente estable alrededor del centro de su cabezal 113, los sensores 10 se dividen en grupos y más sensores 10 se agrupan y montan alrededor de dicho centro. Además, dado que el pantógrafo 111 puede sufrir una ligera inclinación en sus bordes, al menos un sensor 10 está montado en una posición correspondiente a cada extremo del cabezal 113 de contacto.

La altura H del cable 101 de contacto desde el nivel del raíl se puede calcular como la suma de la altura del vehículo, es decir, la distancia " h_b " de la superficie superior 112 desde la superficie superior del raíl, más la altura del cable 101 de contacto desde la superficie superior 112.

Los sensores 10 proporcionan las mediciones a la unidad 50 de control y procesamiento para su posterior procesamiento; por ejemplo, la unidad 50 de control y procesamiento fusiona las mediciones de todos los sensores 10 usando un promedio ponderado basado en la distancia de cada sensor 10 desde el centro del cabezal 113 de contacto del pantógrafo, en donde las mediciones que provienen de distancias más largas desde el centro tienen menos peso, mientras que se da más peso a las mediciones alrededor del centro.

El valor de altura promedio ponderado " h_p " del cable 101 de contacto desde la superficie superior 112 se calcula, por ejemplo, mediante la siguiente fórmula a modo de ejemplo:

$$h_p = \frac{Lp1 + 3(LP2 + Lp3 + Lp4) + 5(LP5 + LP6 + Lp7 + Lp8 + Lp9) + 3(Lp10 + Lp11 + Lp12) + LP13}{1 + 3 * 3 + 5 * 5 + 3 * 3 + 1 (= 45)}$$

donde LP1 a LP13 son las mediciones de altura calculadas mediante los sensores 10 de proximidad láser.

Como se mencionó anteriormente, las mediciones de al menos uno de los uno o más dispositivos 40 también se pueden usar para calcular los valores reales de un parámetro del cable 101 de contacto; en particular, en este caso las señales proporcionadas por el giroscopio 41 de tres ejes y por el acelerómetro 42 de tres ejes se usan por la unidad 50 de control y procesamiento para calcular el movimiento vertical " h_g " del vehículo 110 a lo largo de un eje vertical, y después corregir el valor real de la altura " H_a " del cable 101 de contacto desde la superficie superior de los rieles.

En consecuencia, la altura real " H_a " del cable de contacto desde el nivel del raíl se puede expresar como:

$$H_a = (h_p + h_b) - h_g$$

Según la invención, los uno o más sensores 1 comprenden al menos un transmisor óptico y un receptor óptico asociado que están dispuestos mutuamente y configurados para proporcionar a la unidad 50 señales S_{det} indicativas de un parámetro D_a dimensional real del cable 101 de contacto.

Según la invención, como se muestra esquemáticamente en la figura 5, al menos un transmisor óptico y un receptor óptico asociado comprenden un par de transmisores basados en láser y un receptor asociado, indicados esquemáticamente mediante los números de referencia 20 y 21 correspondientes.

El transmisor 20 de haz láser se coloca, por ejemplo, en un extremo del cabezal de contacto 113 del pantógrafo 111, y el receptor de haz láser 21 en el extremo opuesto.

Durante las operaciones, el haz láser transmitido desde el transmisor 20 será recibido completamente por el receptor 21 si no hay objetos en el medio; dado que el pantógrafo 111 está en contacto continuo con el cable 101 de contacto, una parte del haz láser transmitido no se recibirá en el receptor 21, y cuando se reduzca el grosor del cable 101 de contacto, habrá un aumento en la cantidad de haz láser recibido en el receptor 21.

De hecho, las señales diferentes correspondientes se transmitirán continuamente a la unidad 50 y la unidad 50 medirá el "haz perdido" como el grosor real del cable 101 de contacto, lo que permite calcular su diámetro real o rayo.

Según la invención, el sistema 150 de control comprende al menos un primer sensor óptico 31 y un segundo sensor óptico 32 separado que están configurados y dispuestos mutuamente para proporcionar señales S_{det} indicativas de un escalonamiento real S_a del cable 101 de contacto con respecto a una posición de referencia.

Como es conocido en el campo, con la definición de escalonamiento se entiende el movimiento horizontal del cable 101 de contacto sobre el pantógrafo 111 cuando el vehículo 110 está en movimiento. El escalonamiento del cable 101 de contacto es el resultado de empujar hacia arriba y tirar hacia arriba del cable 101 de contacto desde el centro entre dos raíles de la línea ferroviaria 105. Esto se hace específicamente para reducir la fricción entre el cable 101 de contacto y el pantógrafo 111; no mantener un escalonamiento específico, por ejemplo, tener un escalonamiento más allá de un límite determinado provocaría daños en el pantógrafo 111 y/o en la propia línea aérea 100.

Según la invención, al menos un primer sensor óptico 31 y un segundo sensor óptico 32 comprenden una primera matriz de sensores láser 31 y una segunda matriz correspondiente de sensores láser 32 separada de la primera matriz de sensores láser 31.

Como se ilustra esquemáticamente en la figura 3, los dos conjuntos de matrices de sensores láser 31 y 32 están montados en la superficie superior 112 del vehículo 110, preferiblemente al menos ligeramente alejados del pantógrafo 111 para evitar obstrucciones. Dado que el valor de escalonamiento real varía, la luz emitida por la primera matriz de sensores láser 31 y reflejada por el cable 101 de contacto también varía en comparación con la luz emitida por la segunda matriz de sensores láser 32 y reflejada por el cable 101 de contacto.

Las variaciones de la luz recibida por los sensores 32 se transmiten continuamente a la unidad 50 que calcula entonces el valor S_a de escalonamiento real.

También en este caso, las mediciones de al menos uno de los uno o más dispositivos 40 se pueden usar también para calcular los valores reales del escalonamiento del cable 101 de contacto; en particular, las señales proporcionadas por el giroscopio 41 de tres ejes y por el acelerómetro 42 de tres ejes se usan por la unidad 50 de control y procesamiento para calcular los movimientos laterales del vehículo 110 a lo largo de un eje transversal a la dirección de desplazamiento, y los valores de tales movimientos laterales se tienen en cuenta por la unidad 50 para corregir el valor real del escalonamiento " S_a ".

Dado que es posible que haya ecos parásitos o señales falsas debido a otros cables, cables paralelos, catenarias paralelas, el al menos un módulo 45 de software, en particular el primer filtro 45 de Kalman de vecindad más cercano está configurado para llevar a cabo una comprobación de validación para confirmar que una porción identificada de un cable 101 de contacto es correcta, en donde la comprobación de validación se basa en una correlación entre el valor S de escalonamiento real calculado por la unidad 50 de control y procesamiento para la porción identificada y un valor S_P de escalonamiento predicho por el primer módulo 45 de software para la porción identificada.

En particular, utilizando, por ejemplo, el valor de escalonamiento del cable de contacto que se restablece en cada poste 102 en forma de voladizo, y la identificación y ubicación de un próximo poste 102 extraída de la primera base 61 de datos es posible calcular la pendiente del escalonamiento, es decir, la relación entre el escalonamiento total y la distancia, en cada ubicación deseada, es decir, una distancia desde un poste 102 previamente identificado; por ejemplo, tales datos pueden calcularse a intervalos deseados, por ejemplo, cada diez metros.

Por ejemplo, al usar un modelo de aceleración constante, que se puede usar para propagar los diversos estados de un instante a otro, en cada ubicación, el primer filtro 45 de Kalman de vecindad más cercano calcula un valor de escalonamiento esperado para la próxima porción de cable 101 de contacto en una ubicación específica; entonces, una vez que el vehículo ferroviario presumiblemente haya alcanzado la misma parte próxima, el primer filtro 45 de Kalman correlaciona el valor de escalonamiento real calculado por la unidad 50 de control y procesamiento para la porción relevante del cable de contacto con el valor de escalonamiento previsto en la ubicación relevante. Por ejemplo, el primer filtro 45 de Kalman de vecindad cercano cuando se ejecuta la comprobación de validación traza una región de puerta de validación circular basada en la ubicación predicha como centro y varianza fijada como el radio. Si el valor de escalonamiento calculado usando las señales proporcionadas por la primera y la segunda matriz de sensores láser 31 y 32 queda fuera de la puerta de validación, entonces el cálculo se considera inválido y se rechaza como una señal falsa. Si la medición se encuentra dentro de la puerta de validación y más cercana hacia el centro del radio (en caso de más de una medición), se trata como el escalonamiento válido. De esta manera, el escalonamiento se confirma sin ambigüedad para el cable 101 de contacto en cada ubicación. El resultado de la comprobación de validez se pone a disposición de la unidad 50 de control y procesamiento.

Según una realización, la localización de la posición del vehículo ferroviario 110 a lo largo de la línea ferroviaria 105, de la que es posible derivar la porción del cable de contacto para la que se han calculado los valores reales de los parámetros relevantes, se realiza utilizando las dos matrices de sensores 31 y 32. Convenientemente, la primera matriz de sensores láser 31 y la segunda matriz correspondiente de sensores láser 32, que están separadas de la primera matriz de sensores láser 31, están dispuestas para proporcionar a la unidad 50 de control y procesamiento señales S_{det} adecuadas para identificar la presencia de cada poste 102 en forma de voladizo mientras el vehículo ferroviario 110 se desplaza a lo largo de la línea ferroviaria 105.

En particular, cuando la parte en voladizo de cada poste 102 llega por encima de la matriz de sensores láser 31 y 32, la matriz receptora de sensores láser 31 y 32 recibe la máxima luz emitida y las señales correspondientes proporcionadas a la unidad 50 permiten localizar la presencia de un poste relevante 102.

Según una realización, la ubicación entre dos postes 102 en forma de voladizo se puede medir utilizando el segundo módulo 46 de software, es decir, el segundo filtro 46 de Kalman de vecindad más cercano, que se usa en particular para confirmar que las señales recibidas son correctas y, en particular, que la presencia de un poste 102 localizado es correcta y, por lo tanto, para excluir ecos parásitos o señales falsas debidas a otras catenarias paralelas y postes relacionados.

En particular, el segundo filtro 46 de Kalman de vecindad más cercano está configurado para llevar a cabo una comprobación de validación basada en una correlación entre la posición localizada calculada por la unidad 50 de control y procesamiento para un poste relevante 102 y una posición esperada predicha calculada previamente por el segundo módulo 46 de software para el mismo poste relevante 102.

Por ejemplo, al utilizar, por ejemplo, como entradas la distancia desde una estación, que se restablece en cada poste 102, los valores de velocidad/aceleración del vehículo ferroviario 105 proporcionados por el acelerómetro 42, un modelo de aceleración constante, que se puede usar para propagar los diversos estados de un instante a otro, y los datos de la primera base 61 de datos de ubicaciones de catenarias, el segundo filtro 46 de Kalman de vecindad más próxima calcula una ubicación esperada para un próximo poste 102 esperado; a continuación, correlaciona la posición real calculada por la unidad 50 de control y procesamiento para presumiblemente el mismo poste 102 próximo con la ubicación esperada previamente predicha.

Por ejemplo, el segundo filtro 46 de Kalman cuando se ejecuta la comprobación de validación traza una región de puerta de validación circular basada en la ubicación predicha como centro y varianza fijada como el radio. Si la ubicación del poste específico 102, identificado a través de las señales proporcionadas por las matrices de sensores 31 y 32 a la unidad 50, queda fuera de la puerta de validación, entonces se rechaza como una señal falsa. Si la medición se encuentra dentro de la puerta de validación y más cercana hacia el centro del radio (en caso de más de una medición), se trata como el poste correcto 102. De esta manera, la presencia correcta de cada poste 102 de soporte en forma de voladizo se identifica sin ambigüedad con fines de localización. Para confirmar aún más o refinar mejor la identificación o la ID de un poste 102, se pueden usar los datos del giroscopio 41, tales como la pendiente, las curvas, etcétera, y/o para la sección o secciones neutras de la base 61 de datos de ubicación de la primera catenaria. La información relacionada con el nombre o nombres de las estaciones, los nombres entre estaciones, la ID de la pista y la ID del primer poste 102 que viene de una estación se inicializa con la ayuda de la entrada manual o la inicialización automática mediante el procesamiento, por ejemplo, de las señales de wifi cuando el vehículo 110 se detiene en la estación. Esta inicialización se requiere preferiblemente en cada estación, ya que el vehículo 110 puede cambiar la dirección de desplazamiento en cada estación. En cada poste 102, los datos de ubicación de la primera base 61 de datos de ubicaciones de la catenaria se usan para etiquetar los parámetros del cable 101 de contacto, y la información de distancia estimada calculada por el segundo filtro 46 de Kalman se usa siempre que las mediciones se realizan entre dos voladizos.

Según una posible realización, el servidor 95 mencionado anteriormente está configurado para elaborar, basándose en los valores de referencia predefinidos H, D, S y en los calculados para uno o más parámetros del cable 101 de contacto, una programación de mantenimiento preventivo para el cable 101 de contacto.

En particular, el servidor 95 es adecuado para recibir los datos sin procesar proporcionados a través de uno o más sensores 1, y/o elaborados por la unidad 50, y comunicados a través del dispositivo 85 de comunicación, por ejemplo, un transmisor inalámbrico. En particular, el servidor 95 está configurado para procesar los datos recibidos junto con la marca de tiempo relacionada, y definir una intervención de mantenimiento o una programación de mantenimiento predictivo para el cable 101 de contacto y/o cualquier parte de este.

Según una realización, el servidor 95 es un servidor basado en inteligencia artificial (AI) y debidamente entrenado que analiza los valores de los parámetros reales recibidos, los valores de referencia para el cable de contacto junto con la ubicación respectiva y los valores mínimos y máximos permitidos para dichos parámetros junto con los datos de ubicación relacionados. En particular, la programación de mantenimiento predictivo sugerirá a los operadores la fecha futura en donde se debe cambiar el cable 101 de contacto, la ubicación de los voladizos que requieren una corrección de altura o escalonamiento para el cable 101 de contacto, etcétera.

Por ejemplo, el servidor 95 basado en AI puede entrenarse utilizando datos de parámetros calculados durante un cierto intervalo de tiempo, la frecuencia programada de mantenimiento y el tipo de acciones correctivas realizadas, y puede usar la red neuronal profunda para modelar la relación entre las entradas, como los parámetros de referencia del cable de contacto, los límites permitidos y los parámetros medidos, como la altura, el escalonamiento, el diámetro, junto con su ubicación, y las salidas, como el número de días en que debe ejecutarse el mantenimiento preventivo desde el día de la medición, y una lista de números de acción realizado, por ejemplo, 1) - corrección de altura, 2) - corrección del escalonamiento, 3) - reemplazo del cable de contacto, etcétera.

Una vez que se ha completado el entrenamiento, los valores en tiempo real de los parámetros relevantes con información de ubicación pueden enviarse al servidor 95, por ejemplo, mediante el servidor centralizado 80. El servidor 95 también recibe la entrada de los parámetros de cable de contacto de referencia y los parámetros mínimos y máximos del cable de contacto permitidos con datos de ubicación de la tercera base 63 de datos. Basándose en el modelo entrenado, el servidor 95 genera la programación de mantenimiento, es decir, el número de días en que debe ejecutarse la corrección/sustitución junto con la acción preventiva asociada que debe realizarse de forma periódica, por ejemplo, semanalmente. Esta información se puede almacenar en la base 64 de datos de monitorización de líneas eléctricas aéreas y se puede ver, por ejemplo, en la interfaz gráfica de usuario 72.

Como se indicó anteriormente, la figura 2 ilustra esquemáticamente un método 200 para monitorizar una línea aérea 100 de suministro de energía instalada a lo largo de una línea ferroviaria 105 asociada, y de un cable 101 de contacto de esta, caracterizado por que comprende al menos las siguientes etapas:

- 205: proporcionar, por medio de uno o más sensores 1 que son adecuados para montarse a bordo de un vehículo ferroviario 100, primeras señales S_{det} indicativas de uno o más parámetros H, D, S correspondientes de dicho cable 101 de contacto mientras el vehículo ferroviario 110 se desplaza a lo largo de la línea ferroviaria 105;

- 210: proporcionar, por medio de uno o más dispositivos 40, segundas señales S_P adecuadas para calcular la posición del vehículo ferroviario 110 a lo largo de la línea ferroviaria 105. Según una realización, uno o más dispositivos 40 de este tipo comprenden al menos un sensor 41 inercial multieje adecuado para montarse a bordo del vehículo ferroviario 110;

- 215: calcular preferiblemente en tiempo real, por medio de una unidad 50 de control y procesamiento, uno o más valores reales para dichos uno o más parámetros H, D, S del cable 101 de contacto basados en al menos las primeras señales S_{det} proporcionadas a través de dichos uno o más sensores 1 y, basados en dichas segundas señales S_P recibidas desde dichos uno o más dispositivos 40, la posición real P_a del vehículo ferroviario 110 a lo largo de la línea ferroviaria 105 en donde se han calculado dichos valores reales para dichos uno o más parámetros H, D, S del cable 101 de contacto.

Según una realización, la etapa 215 de cálculo comprende calcular los uno o más valores reales para al menos uno de dichos uno o más parámetros H, D, S del cable 101 de contacto basándose también en las segundas señales S_P proporcionadas por al menos uno de los dispositivos 40, como se describió anteriormente en relación con el sistema 150 de control.

Según una realización, el método 200 comprende además las etapas de:

- 220: comparar los valores reales calculados por la unidad 50 de control y procesamiento para cada uno de los uno o más parámetros H, D, S con los umbrales correspondientes; y

- 230: generar una señal de alerta correspondiente si un valor calculado para los uno o más parámetros infringen un umbral respectivo.

Según posibles realizaciones, la etapa 215 de cálculo, preferiblemente en tiempo real, comprende:

- calcular la distancia real H_a del cable 101 de contacto desde una posición de referencia; y según la invención, comprende:

- calcular un parámetro dimensional real D del cable 101 de contacto; y
- calcular un escalonamiento real S_a del cable 101 de contacto.

5 Según la invención, el método 200 comprende, después de la etapa 215 de cálculo, las etapas de:

- 221: predecir un valor S_P de escalonamiento para una porción próxima del cable 101 de contacto; y
- 222: llevar a cabo una comprobación de validación basándose en una correlación entre el valor S_P de escalonamiento predicho y el valor S_a de escalonamiento real, calculada por la unidad 50 de control y procesamiento basándose en las primeras señales S_{det} indicativas de un escalonamiento real S_a del cable 101 de contacto para la porción próxima;
- 223: validar o descartar el valor S_a de escalonamiento real calculado basándose en el resultado de la comprobación de validación llevada a cabo en la etapa 222.

En una posible realización, el método 200 comprende, por ejemplo, después de dicha etapa 215 de cálculo, las etapas de:

- 224: predecir la posición de un poste 102 próximo a lo largo de la línea ferroviaria 105;
- 225: llevar a cabo una comprobación de validación basándose en una correlación entre la posición predicha para dicho poste 102 próximo y la posición real calculada por la unidad 50 de control y procesamiento para dicho poste próximo basándose en las señales S_{det} proporcionadas a través de al menos una primera y una segunda matriz de sensores 31, 32;
- 226: confirmar o descartar la presencia identificada de un poste 102 basándose en el resultado de la comprobación de validación llevada a cabo en la etapa 225.

Convenientemente, el método 200 comprende la etapa 240 de mostrar, en al menos una interfaz gráfica 71 de usuario, al menos los valores calculados para dichos uno o más parámetros H , D , S del cable 101 de contacto.

Según otro ejemplo, el método 200 comprende además una etapa 250 de elaboración, por medio del servidor 95 de mantenimiento predictivo, una programación de mantenimiento preventivo para el cable 101 de contacto basándose en valores de referencia predefinidos y valores calculados H , D , S para uno o más parámetros del cable 101 de contacto.

Por tanto, resulta evidente a partir de la descripción anterior y las reivindicaciones adjuntas que el sistema 150 de control, el método 200 y el vehículo ferroviario 110 relacionado según la presente invención, logran el objetivo y los objetos previstos, ya que permiten monitorizar, de manera oportuna y precisa, la presencia de una parte potencialmente defectuosa de cualquier parte de un cable de contacto usado para alimentar vehículos ferroviarios que se desplazan a lo largo de una línea ferroviaria.

En particular, dependiendo de las aplicaciones y los resultados deseados, es posible combinar dos o más realizaciones descritas anteriormente, monitorizando así al mismo tiempo diferentes tipos de estados defectuosos relacionados, por ejemplo, con los desplazamientos horizontales y verticales del cable 101 de contacto, o con un grosor insuficiente.

Estos resultados se logran según una solución muy flexible que puede implementarse mediante el uso de cualquier tipo de vehículo ferroviario mientras que tal vehículo realiza su servicio de trabajo normal y regular, evitando así el uso de vehículos especiales diseñados específicamente para el mantenimiento o para provocar la interrupción de tráfico para fines de monitorización. De hecho, cualquier vehículo ferroviario es adecuado para equiparse fácilmente con los sensores 1, los dispositivos 40 y las una o más bases 61-62 de datos relacionadas etcétera.

El sistema 150, el método 200 y el vehículo ferroviario 110 así concebidos son susceptibles de modificaciones y variaciones, todas las cuales están dentro del alcance del concepto inventivo tal como se define en particular por las reivindicaciones adjuntas; por ejemplo, algunas partes del sistema 150 de control pueden residir en la misma unidad electrónica, o incluso pueden realizarse como subpartes de un mismo componente o circuito de una unidad electrónica, o pueden colocarse de manera remota entre sí y en comunicación operativa entre ellas. Por ejemplo, podría usarse solo una base de datos que incorpore las cuatro bases 61-64 de datos descritas anteriormente, o podría haber un número diferente de bases de datos con respecto a las descritas. La localización de la posición de los vehículos a lo largo de la línea ferroviaria se puede llevar a cabo utilizando otro tipo de dispositivos distintos de las matrices de sensores 31 y 32 descritos anteriormente. Como apreciarán los expertos en la técnica, algunas etapas del método 200 descrito pueden ejecutarse en paralelo entre sí, o de cualquier manera en cualquier otra secuencia adecuada diferente de la descrita e ilustrada con respecto a la figura 2, siempre que dicha secuencia diferente sea adecuada para lograr el alcance al que están destinados cada etapa/subetapa y el método en su conjunto, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Además, todos los detalles pueden sustituirse por elementos técnicamente equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (150) de control para monitorizar un cable (101) de contacto de una línea aérea (100) de suministro de energía instalada a lo largo de una línea ferroviaria (105) asociada que comprende al menos:
 - una unidad (50) de control y procesamiento;
 - uno o más sensores (1) que son adecuados para montarse a bordo de un vehículo ferroviario (110) y están adaptados para proporcionar a la unidad (50) de control y procesamiento primeras señales (S_{det}) indicativas de uno o más parámetros (H, D, S) correspondientes de dicho cable (101) de contacto mientras el vehículo ferroviario (110) está desplazándose a lo largo de la línea ferroviaria (105);
 - uno o más dispositivos (40) que están dispuestos para proporcionar a la unidad (50) de control y procesamiento segundas señales (S_P) adecuadas para calcular una posición (P) del vehículo ferroviario (110) a lo largo de la línea ferroviaria (105);

en donde dicha unidad (50) de control y procesamiento está configurada para calcular:

 - basándose en al menos las primeras señales (S_{det}) proporcionadas a través de dichos uno o más sensores (1), uno o más valores reales para dichos uno o más parámetros (H, D, S) del cable (101) de contacto; y
 - basándose en dichas segundas señales (S_P) recibidas desde dichos uno o más dispositivos (40), la posición real (P_a) del vehículo ferroviario (110) a lo largo de la línea ferroviaria (105) en donde se han calculado dichos valores reales para dichos uno o más parámetros (H, D, S) del cable (101) de contacto;

en donde dichos uno o más sensores (1) comprenden al menos:

 - un transmisor óptico (20) y un receptor óptico (21) asociado dispuestos mutuamente para proporcionar señales (S_{det}) indicativas de un parámetro dimensional (D_a) real del cable (101) de contacto, comprendiendo dicho transmisor óptico (20) y receptor óptico (21) asociado un par de transmisor y receptor asociado basados en láser; y
 - un primer sensor óptico (31) y un segundo sensor óptico (32) dispuestos mutuamente para proporcionar señales (S_{det}) indicativas de un escalonamiento real (S_a) del cable (101) de contacto con respecto a una posición de referencia,

caracterizado por que dicho primer sensor óptico (31) y segundo sensor óptico (32) comprenden una primera matriz de sensores láser (31) y una segunda matriz correspondiente de sensores láser (32) separada de la primera matriz de sensores láser (31), y por que el sistema (150) de control comprende además un primer módulo (45) de software configurado para llevar a cabo una comprobación de validación para confirmar que una porción identificada de un cable (101) de contacto es correcta, en donde dicha comprobación de validación se basa en una correlación entre el valor (S_a) de escalonamiento real calculado por la unidad (50) de control y procesamiento para la porción identificada y un valor (S_P) de escalonamiento predicho calculado previamente por el primer módulo (45) de software para dicha porción identificada.
2. Un sistema (150) de control según la reivindicación 1, en donde dicha unidad (50) de control y procesamiento está configurada para calcular uno o más valores reales para al menos uno de dichos uno o más parámetros (H, D, S) del cable (101) de contacto basándose también en las segundas señales (S_P) proporcionadas por al menos uno de dichos uno o más dispositivos (40).
3. Un sistema (150) de control según la reivindicación 1 o 2, en donde comprende una unidad (70) de elaboración que está dispuesta para comparar los valores reales calculados por la unidad (50) de control y procesamiento para cada uno de los uno o más parámetros (H, D, S) con los umbrales correspondientes y para generar una señal (S_{al}) de alerta correspondiente si un valor real calculado de los uno o más parámetros (101) infringe el umbral respectivo.
4. Un sistema (150) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dichos uno o más sensores (1) comprenden además uno o más sensores (10) de proximidad configurados para proporcionar señales (S_{det}) indicativas de la distancia real (H_a) del cable (101) de contacto desde una posición de referencia.
5. Un sistema (100) de control según la reivindicación 4, en donde dichos uno o más sensores (10) de proximidad comprenden una pluralidad de sensores láser (10).
6. Un sistema (150) de control según la reivindicación 1, en donde dicha línea aérea (100) de suministro de energía comprende una pluralidad de postes (102) en forma de voladizo colocados a lo largo de la línea ferroviaria (105), y en donde dicha primera matriz de sensores láser (31) y dicha segunda matriz de sensores láser (32) correspondiente están dispuestas para proporcionar a la unidad (50) de control y procesamiento señales (S_{det})

- 5 adecuadas para localizar la posición de un poste (102) localizado, mientras el vehículo ferroviario (110) está desplazándose a lo largo de la línea ferroviaria (105), y en donde el sistema (150) comprende además un segundo módulo (46) de software configurado para llevar a cabo una comprobación de validación para confirmar si un poste (102) localizado es correcto, basándose dicha comprobación de validación en una correlación entre la posición localizada calculada por la unidad (50) de control y procesamiento y una posición predicha calculada previamente por el segundo módulo (46) de software para dicho poste (102) localizado.
7. Un sistema (150) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde dichos uno o más dispositivos (40) comprenden al menos un sensor (41) inercial multieje adecuado para montarse a bordo del vehículo ferroviario (110), comprendiendo dicho al menos un sensor inercial multieje al menos uno de un giroscopio multieje (41) y/o un acelerómetro multieje (42).
- 10 8. Un sistema (150) de control según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde comprende un servidor (95) que está configurado para elaborar, basándose en valores de referencia predefinidos y valores realmente calculados (H_a , D_a , S_a) para dichos uno o más parámetros (H , D , S), una programación de mantenimiento preventiva para el cable (101) de contacto.
- 15 9. Un vehículo ferroviario (110), caracterizado por que comprende, o está adaptado para interactuar con, un sistema (150) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
- 20 10. Un método (200) para monitorizar un cable (101) de contacto de una línea aérea (100) de suministro de energía instalada a lo largo de una línea ferroviaria (105) asociada, caracterizado por que comprende al menos las siguientes etapas:
- 25 - (205): proporcionar, por medio de uno o más sensores (1) que son adecuados para montarse a bordo de un vehículo ferroviario (100), primeras señales (S_{det}) indicativas de uno o más parámetros (H , D , S) correspondientes de dicho cable (101) de contacto mientras el vehículo ferroviario (110) está desplazándose a lo largo de la línea ferroviaria (105), en donde dichos uno o más sensores (1) comprenden al menos:
- 30 - un transmisor óptico (20) y un receptor óptico (21) asociado dispuestos mutuamente para proporcionar señales (S_{det}) indicativas de un parámetro dimensional (D_a) real del cable (101) de contacto, comprendiendo dicho transmisor óptico (20) y receptor óptico (21) asociado un par de transmisor y receptor asociado basados en láser; y
- 35 - un primer sensor óptico (31) y un segundo sensor óptico (32) dispuestos mutuamente para proporcionar señales (S_{det}) indicativas de un escalonamiento real (S_a) del cable (101) de contacto con respecto a una posición de referencia, comprendiendo dicho un primer sensor óptico (31) y un segundo sensor óptico (32) una primera matriz de sensores láser (31) y una segunda matriz correspondiente de sensores láser (32) separada de la primera matriz de sensores láser (31);
- 40 - (210): proporcionar, por medio de uno o más dispositivos (40), segundas señales (S_P) adecuadas para calcular una posición (P) del vehículo ferroviario (1) a lo largo de la línea ferroviaria (10);
- 45 - (215): calcular, por medio de una unidad (50) de control y procesamiento:
- 50 - uno o más valores reales para dicho parámetro dimensional (D_a) y dicho escalonamiento (S_a) del cable (101) de contacto basándose en al menos las primeras señales (S_{det}) proporcionadas por dicho transmisor óptico (20) y un receptor óptico (21) asociado y por dicho primer sensor óptico (31) y segundo sensor óptico (32), respectivamente; y,
- 55 - la posición real (P_a) del vehículo ferroviario (105) a lo largo de la línea ferroviaria (105) en donde dichos valores reales para dicho parámetro dimensional (D_a) y dicho escalonamiento (S_a) del cable (101) de contacto se han calculado basándose en dichas segundas señales (S_P) recibidas desde dichos uno o más dispositivos (40);
- 60 y por que el método (200) comprende además, después de dicha etapa (215) de cálculo, las etapas de:
- (221): predecir un valor (S_P) de escalonamiento para una porción próxima del cable (101) de contacto; y
- 65 - (222): llevar a cabo, por medio de un primer módulo (45) de software, una comprobación de validación basándose en una correlación entre el valor (S_P) de escalonamiento predicho y el valor (S_a) de escalonamiento real calculados por la unidad (50) de control y procesamiento basándose en las primeras señales (S_{det}) indicativas de un escalonamiento real (S_a) del cable (101) de contacto para la porción próxima proporcionada por dicho primer sensor óptico (31) y dicho segundo sensor óptico (32);
- (223): validar o descartar el valor (S_a) de escalonamiento real calculado basándose en el resultado de la comprobación de validación llevada a cabo en la etapa (222).

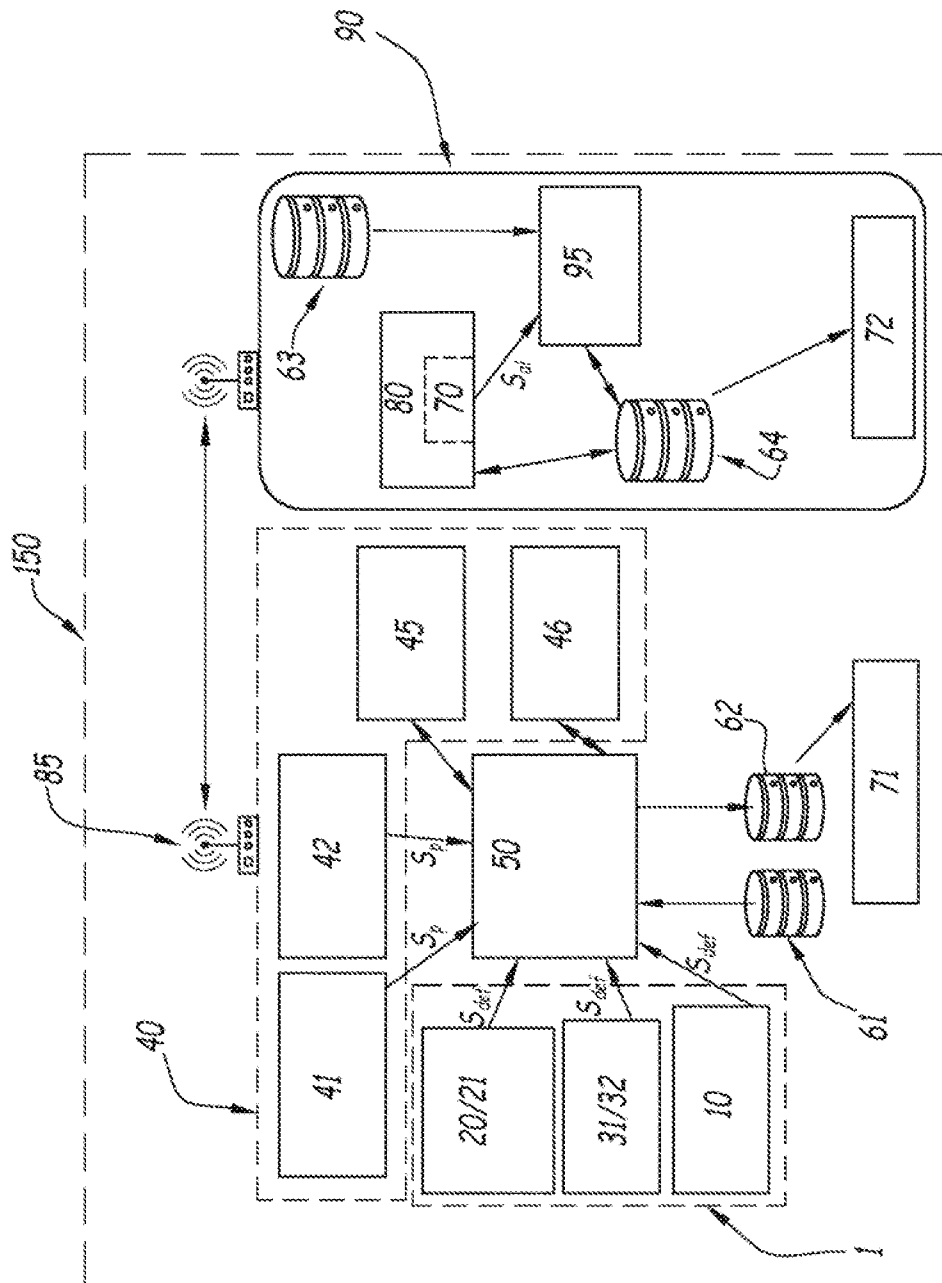


Figura 1

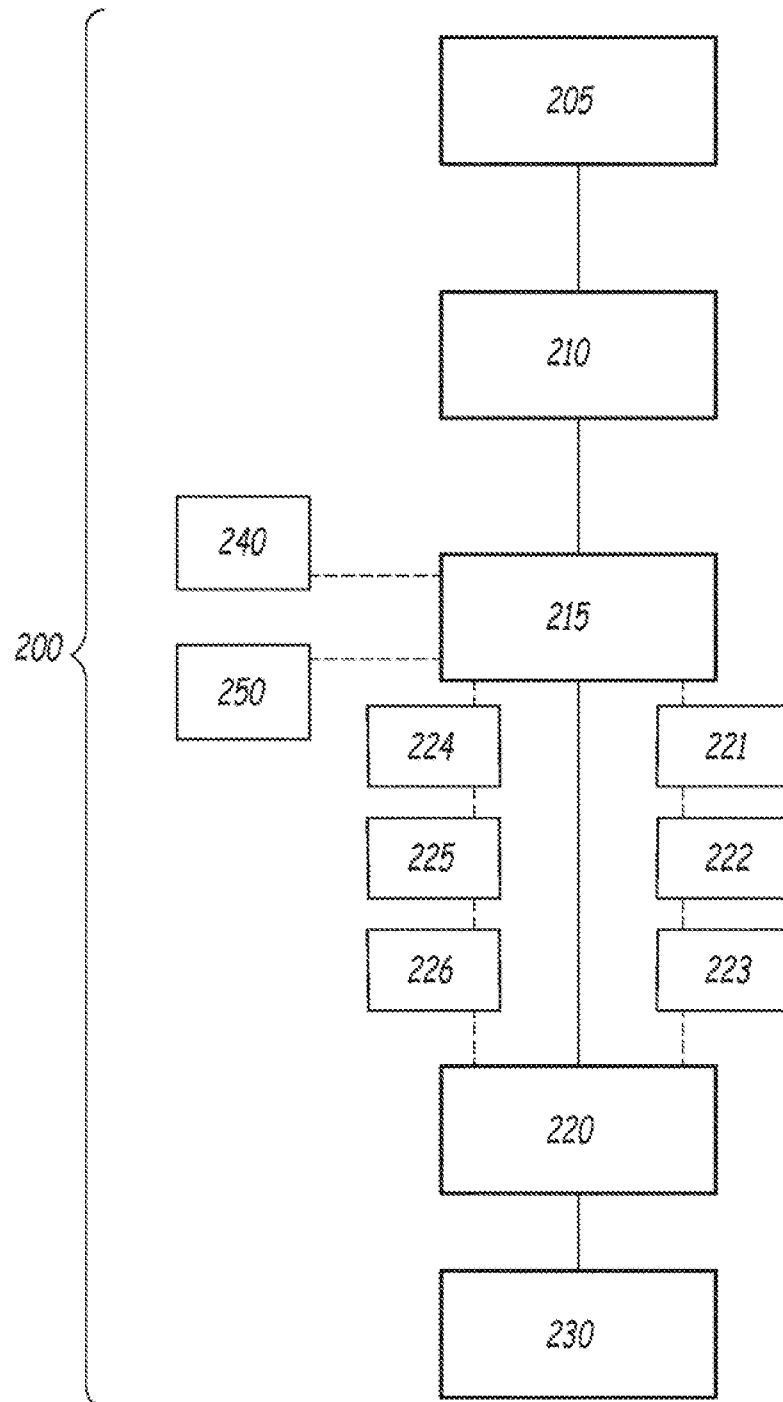


Figura 2

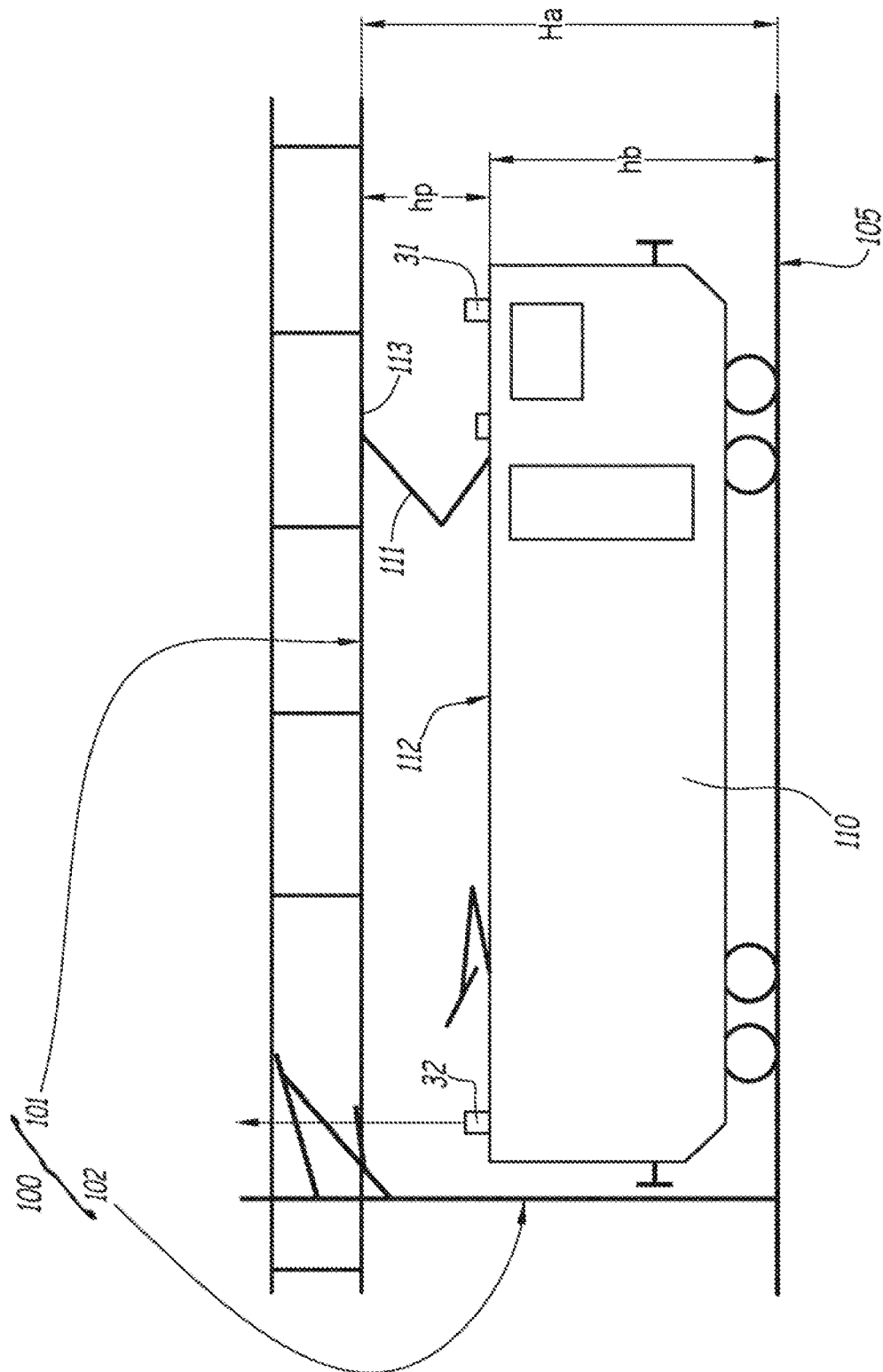


Figure 3

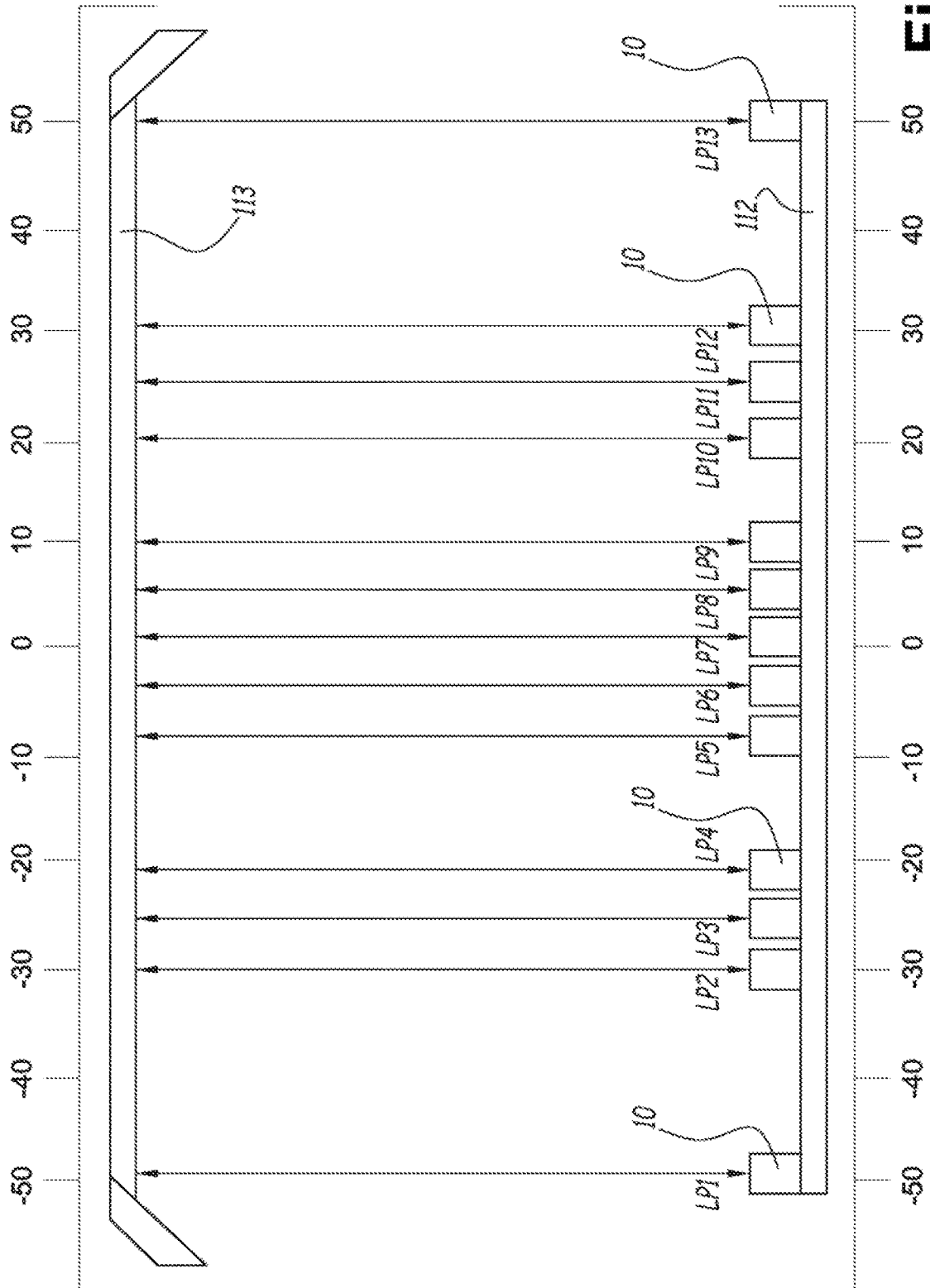


Figura 4

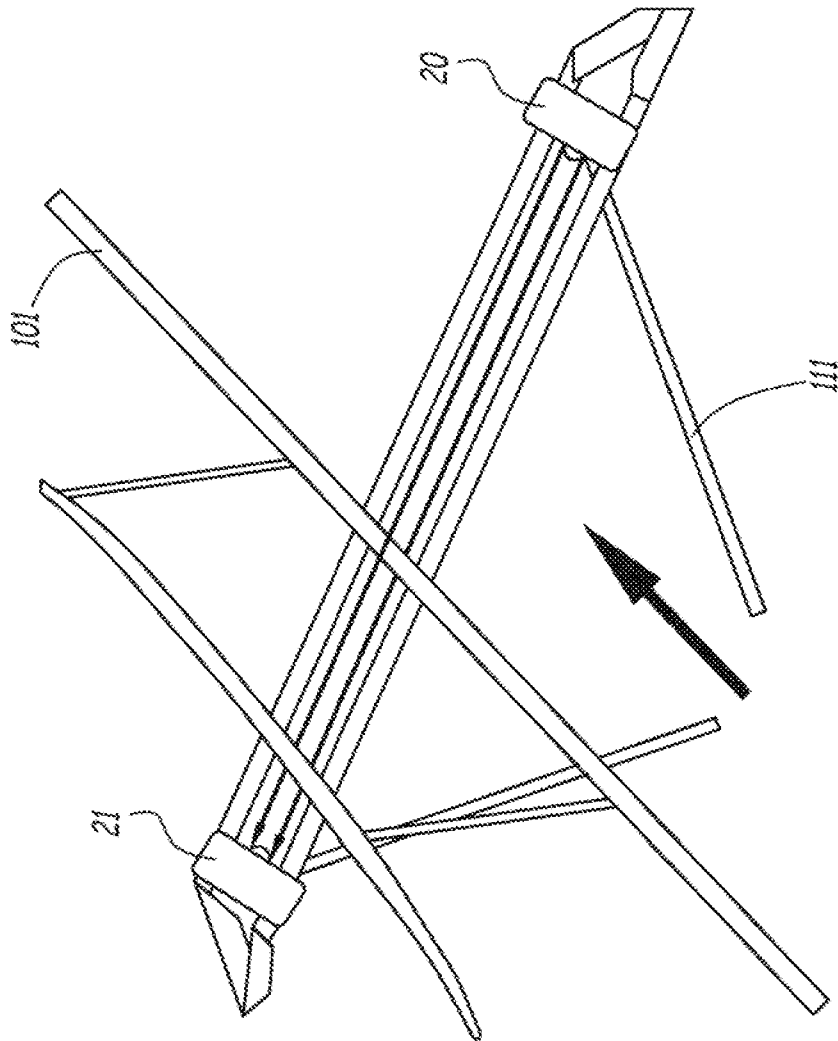


Figure 5