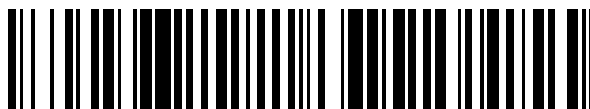


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 630**

51 Int. Cl.:

G01B 11/24 (2006.01)

G01S 17/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2014** **E 14176842 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018** **EP 2843361**

54 Título: **Procedimiento para medir las alturas y posición lateral de hilo de contacto de la línea aérea de una vía**

30 Prioridad:

28.08.2013 DE 102013217160

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

04.03.2019

73 Titular/es:

**DEUTSCHE BAHN AG (100.0%)
Potsdamer Platz 2
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**FINNER, LARS y
SCHÜSSLER, STEFAN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 702 630 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

Procedimiento para medir las alturas y posición lateral de hilo de contacto de la línea aérea de una vía

La invención se refiere a un procedimiento para medir las alturas y posición lateral de hilo de contacto de la línea aérea de una vía, captándose por medio de un espejo que rota de un láser en abanico el perfil ambiental dentro de un ángulo de barrido y elaborándose después de cada escaneo completo por el escáner un telegrama de datos con ángulo y valor de distancia de superficies u objetos conocidos.

Solo en Alemania, la red de carriles presenta actualmente alrededor de 45.000 kilómetros de vía que está equipada con líneas aéreas eléctricas.

La interacción fiable de los colectores de corriente y la línea aérea es indispensable para un funcionamiento económico y sin problemas del ferrocarril eléctrico, sobre todo a altas velocidades. El mantenimiento de las instalaciones de líneas aéreas en un estado de alta calidad requiere un esfuerzo considerable. Para una alta calidad de las instalaciones de línea aérea es necesaria una inspección y un diagnóstico regular para poder reconocer y remediar defectos en una fase temprana. Para ello se abordan e inspeccionan regularmente los tramos. Durante estas ejecuciones de medición se miden los siguientes valores:

- posición de las obras concatenadas de entrada y de salida,
- inclinación de los tubos de soporte y soportes laterales,
- alturas y posición lateral de hilo de contacto,
- intensidad de hilo de contacto y
- fuerza de contacto entre pieza de fricción de la toma de corriente e hilo de contacto.

Para las mediciones se requieren marchas de medición, inspección y diagnóstico automatizadas. Se conocen para ello procedimientos de medición ópticos que pueden dividirse en dos principios básicos:

- medición sin rozamiento: el sistema de sensores está montado sobre el techo del vehículo de medición, no hay ningún contacto mecánico hacia la línea aérea.
- medición de rozamiento: el sistema de sensores está montado en una toma de corriente u otro aparato que roza el hilo de contacto.

La posición y grosor de hilo de contacto se miden hasta ahora mediante triangulación por medio de cámaras de líneas de alta resolución o por medio de tecnología láser. Las cámaras están ajustadas, a este respecto, de tal modo que su campo de visión óptico interseca el plano de hilo de contacto de manera rectangular y capta todo el campo de medición. Otras dos cámaras pueden aumentar la resistencia contra interferencias de la instalación. Estas deben excluir sobrecargas durante la radiación solar o debidas a objetos perturbadores, tales como árboles, etc.

En el caso de varios hilos de contacto que discurren en paralelo a casi la misma altura, lo que ocurre por ejemplo en las zonas de superposición y/o en sistemas de doble hilo de contacto, solo puede captarse una sombra global sin poder hacer una declaración sobre la altura residual que va a comprobarse del hilo de contacto individual.

Otra realización de un dispositivo pertinente se describe en el documento DE 297 16 560 U1 y el documento DE 196 13 737 C2. La fuente de luz y la cámara están dispuestas ahí en un dispositivo en forma de U, encontrándose la fuente de luz y la cámara en las ramas de la U. El hilo de contacto discurre, por tanto, entre estas ramas. Dado que el hilo de contacto, no obstante, por regla general, a lo largo del tramo de carril a generalmente una altura constante cambia su posición, es decir, está suspendido de manera que discurre en zigzag, en estos procedimientos es inevitable un seguimiento mecánico constante del dispositivo de medición transversalmente a la dirección de marcha. Esto conduce a que la velocidad máxima del vehículo de medición está limitada considerablemente.

Se conoce un procedimiento para la medición de elevación del hilo de contacto en el que se instala y calibra un equipo de medición óptico fuera de la zona de peligro y de la zona de línea aérea de una vía (documento DE 10 2006 031 487 B4). Este procedimiento no puede aplicarse a un vehículo de medición.

El documento DE 100 44 432 A1 describe un procedimiento para la captación automática del cierre de los hilos de contacto de líneas aéreas para vehículos accionados eléctricamente, que está dispuesto sobre un vehículo en un lugar distinto de la toma de corriente. Para enfocar la imagen del hilo de contacto, está prevista a pesar de diferentes posiciones de altura una corrección partiendo de la regla Scheimpflug, para la que están instaladas y aplicadas medidas correctivas especiales.

El documento DE 198 50 118 A1 describe un sistema de medición de perfil y un procedimiento para llevar a cabo el mismo, moviéndose el sistema de medición en dirección de la extensión longitudinal del objeto y presentando lo

siguiente:

- al menos un radar de láser FMCW para el barrido del perfil que va a medirse de la superficie de objeto con al menos un rayo láser,
- un espejo de giro, que coloca una ventana de medición sobre un objeto,
- al menos un fotodetector con resolución unidimensional y
- una unidad de evaluación para calcular secciones de perfil con resolución espacial del objeto.

El documento US2003/142297 A1 usa el procedimiento de sección de luz para medir la catenaria. Un láser en líneas proyecta a este respecto una línea sobre la catenaria. La línea se graba con una cámara de vídeo. Los algoritmos de procesamiento de imagen reconstruyen a partir de ello el perfil y la posición del hilo de contacto.

En el artículo "FahrwegeÜberwachung mit optischer Messtechnik" de Rene Müller y Heinrich Höfler, en el calendario de los ingenieros ferroviarios del 1 de enero de 1996, se describe un procedimiento rápido de medición de distancias basado en láser. Se basa en que el tiempo de propagación de un rayo láser a un objeto y de vuelta al aparato de medición. Para obtener las altas velocidades de medición necesarias y, a pesar de ello, altas precisiones, la medición del tiempo de propagación del rayo láser no se efectúa directamente a través de una medición de tiempo, sino captando la posición de fase de un rayo láser modulado en intensidad.

En último término, el documento DE 24 40 085 A1 describe un equipo para la medición sin rozamiento de la altura y la posición lateral del hilo de contacto en pistas eléctricas, estando dispuestas en una pieza distanciadora sobre el techo de coche de un vehículo sobre carriles a una distancia fija entre sí en dos carcassas de sensor de sensores fotoeléctricos de tal modo que forman un ángulo determinado, y de tal modo que está prevista unida con la pieza distanciadora una unidad electrónica de procesamiento de valores de medición a la que se envían las señales de sensores fotoelectrónicos.

El estado de la técnica conocido presenta las siguientes desventajas:

- los recorridos de medición no pueden llevarse a cabo a menudo a una alta velocidad,
- los movimientos de balanceo de la carrocería no se compensan, o se compensan insuficientemente, y falsifican el resultado de la medición,
- la luz del sol deslumbra la cámara o el láser/escáner y causa errores en la medición,
- otros objetos tales como gotas de lluvia o copos de nieve perturban los sensores ópticos y causan errores en la medición,
- no se reconocen, o se reconocen insuficientemente, nuevos hilos de contacto,
- no se reconocen, o se reconocen insuficientemente, separaciones de tramos,

La invención se basa en el objetivo de desarrollar un procedimiento que pueda usarse a altas velocidades, que durante la radiación solar no presente ninguna falsificación de valores de medición, reconozca diferentes condiciones de hilo de contacto y compense movimientos de balanceo de la carrocería.

De acuerdo con la invención, esto se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1.

Búsqueda de nuevos hilos de contacto: un nuevo hilo de contacto se asume en primer lugar en la matriz de hilo de contacto¹ si este se reconoció en al menos tres de los últimos cinco escaneos². De esta manera se impide que por ejemplo gotas de lluvia o copos de nieve dentro de la ventana de expectativas para el hilo de contacto se interpreten de manera errónea como tal. Además, de esta manera se rastrean solo "opcionalmente" hilos de contacto recientemente reconocidos en primer lugar hasta que se haya registrado una determinada cantidad de puntos de medición para el hilo de contacto. Solo después se cumplen las condiciones para que un nuevo hilo de contacto opcional se convierta también en un "hilo de contacto válido".

Los hilos de contacto adicionales se añaden solo cuando estos discurren distanciados al menos 15 cm del siguiente hilo de contacto. La experiencia de las primeras mediciones de prueba ha demostrado que los datos de posición de uno y el mismo hilo de contacto pueden variar de escaneo a escaneo en hasta 10 cm (suma de dx y dy). Para detectar y asociar hilos de contacto adicionales de manera segura, su distancia tiene que ser, por consiguiente, mayor.

Si se detectan más de cuatro hilos de contacto dentro de la ventana de expectativas, se almacenan solo los cuatro más bajos en la matriz de hilos de contacto.

Determinación del hilo de contacto principal: Por los hilos de contacto almacenados en la matriz de hilos de contacto se determina el hilo de contacto más bajo. Para el hilo de contacto principal se aplica como condición

adicional que su deflexión en zigzag x puede ascender a como máximo ± 65 cm (= zigzag máximo de hilo de contacto + tolerancia). En el caso del hilo de contacto principal se trata del hilo de contacto que se apoya sobre el listón de fricción de la toma de contacto y a través del mismo se efectúa, por tanto, el suministro de corriente.

5 Para evitar saltos frecuentes entre los hilos de contacto en la zona de una separación de tramos con dos hilos de contacto que discurren en paralelo, se usa una función de histéresis en la transición del uno al otro hilo de contacto principal.

En cuanto se haya determinado un hilo de contacto principal, se limita adicionalmente la selección de objetos relevantes, de modo que solo se tienen en cuenta puntos de medición que se encuentran como máximo 10 cm por encima del hilo de contacto principal.

10 **Visualización y emisión de datos:** Correspondientemente a los deseos del cliente, los datos de posición del hilo de contacto pueden visualizarse en la ventana de la superficie de manejo, emitirse a través de una unión de puerto/enchufe digitalmente o a través de una conexión BNC.

Compensación de balanceo/vinculación con cronoselladores o sistemas de localización (opcional):

15 El sistema puede acoplarse con otros módulos de software por medio de las interfaces digitales y analógicas para determinar la posición del hilo de contacto. Por ejemplo, para determinar la posición real del hilo de contacto con respecto al borde superior del carril, los movimientos de balanceo de la carrocería sobre la que está montado el láser en abanico deben medirse y compensarse mediante un algoritmo apropiado.

20 Además, existe la posibilidad de completar los datos de posición del hilo de contacto para completar cronoselladores de alta precisión o información de posición de un equipo de medición de ruta. Los índices de ruta o de tiempo requeridos para ello se leen a través de interfaces que deben configurarse correspondientemente.

Si durante la medición se registraron los datos brutos del láser en abanico, los datos de posición del hilo de contacto pueden determinarse fuera de línea y exportados a un archivo de texto. A este respecto siempre se usa el mismo algoritmo que durante la medición. Por tanto, no hay diferencia si la determinación de la posición de hilo de contacto se efectúa en línea durante la medición o fuera de línea después del final de la marcha de medición.

25 Para la exportación de datos están disponibles distintos modos que se explican en más detalle a continuación.

Hilo de contacto único

En este modo se exportan los datos de posición del hilo de contacto más bajo (hilo de contacto principal).

Sintaxis: Kilómetros de recorrido [km] {TAB} zigzag [mm] {TAB} posición de altura [mm]

Ejemplo: 12.87.40 52 5651

Hilo de contacto múltiple

En este modo se emiten los datos de posición de hasta cuatro hilos de contacto que se encuentran dentro de la ventana de expectativas ($-0,85 \text{ m} < x < 0,85 \text{ m}$; $4,5 \text{ m} < y < 7,0 \text{ m}$).

Además del hilo de contacto principal (= hilo de contacto más bajo), solo se captan y emiten otros hilos de contacto cuando estos discurren hasta como máximo a 10 cm por encima del hilo de contacto principal.

35 Después de cada ciclo de escaneo, el programa intenta actualizar los datos de posición de todos los hilos de contacto. Si un hilo de contacto no ha sido captado más de diez veces, se borra de la matriz de hilos de contacto. Para hilos de contacto inexistentes, las coordenadas por defecto se ajustan a

$x = -1000$ e $y = 7000$ (hilo de contacto 4).

Conexión a un equipo de medición de balanceo (compensación de balanceo)

40 En principio, el láser en abanico puede determinar la posición de hilo de contacto solo con respecto a su propia posición, es decir, por regla general en relación con el techo del vehículo. Dado que el vehículo se balancea en curvas, se da como resultado un error sistemático cuando la carrocería del vehículo se mueve de un lado a otro debajo del hilo de contacto (véanse la Figura 4 y la Figura 5). Si la posición de hilo de contacto quisiera determinarse con respecto al borde superior del carril, tienen que tenerse en cuenta los movimientos de balanceo del vehículo y las coordenadas del hilo de contacto deben corregirse correspondientemente. A tal fin deben medirse los movimientos de la carrocería del vehículo con respecto al eje de la rueda para poder calcular las desviaciones correspondientes.

45 Los movimientos de la carrocería determinados por medio de los sensores de balanceo se captan por el programa de procesamiento de datos MR32 (ordenador de medición 32 canales de medición) y a partir de ahí se determina la posición de los láseres en abanico con respecto al borde superior del carril. El *escáner del hilo de contacto* (contact

wire scanner), a su vez, reporta los datos de posición del hilo de contacto calculados por él a través de una unión de puerto/enchufe al programa *MR32*.

La medición de la altura de hilo de contacto por medio del láser en abanico está afectada por un ruido relativamente grande (Figura 2). Para mejorar la calidad de los resultados de medición, se requiere por tanto filtrar los datos. Es útil a este respecto el hecho de que la altura de hilo de contacto nunca pueda cambiar de manera brusca. Los valores atípicos pueden reconocerse fácilmente debido a este hecho.

En el *escáner de hilo de contacto* se usa una combinación de un filtro de mediana y un promediado de deslizamiento. Para cada hilo de contacto se utilizan los últimos cinco valores para la altura de hilo de contacto. Estos valores se clasifican en orden ascendente y a continuación se borra el primer y último valor (filtro de mediana). Los tres valores de medición que quedan se promedian (promediado de deslizamiento).

De esta manera se consigue que no se incluyan valores atípicos en el cálculo y al mismo tiempo se efectúa una notificación sobre varios valores para obtener un curso de hilo de contacto uniforme. No obstante, la dinámica del sistema sigue siendo aún suficientemente alta, dado que solo un pequeño número de valores de medición se incluye en el filtrado. La constante de tiempo del filtro asciende en un índice de barrido de 100 Hz a solo 0,05 s. Esto se corresponde con 100 km/h de un tramo de aproximadamente 1,40 m. A esta distancia se efectúa, por tanto, siempre una nueva determinación completa de la posición de hilo de contacto. Si se usan dos láseres, la distancia se reduce a la mitad a solo 70 cm a 100 km/h.

Desventaja: pequeños puntos perturbadores en la línea aérea con solo pequeños centímetros de expansión, puede reconocerse el sistema debido al filtrado de datos solo a bajas velocidades.

Radiación solar directa/filtros antideslumbrantes

A contraluz directa, el escáner no puede determinar ningún valor de distancia, dado que el rayo láser emitido ya no es reconocible para el dispositivo de medición en caso de radiación solar directa y el sistema está con ello deslumbrado por el sol. Por esta razón, por regla general al menos dos láseres en abanico se usan con diferentes "ángulos de visión" sobre la línea aérea. De esta manera, se puede excluir un fallo del sistema de medición por radiación solar directa.

Solo cuando el hilo de contacto está directamente delante del sol falla una de las lentes, por lo que solo uno de los escáneres está disponible para el barrido de la posición de hilo de contacto y la velocidad de barrido, por tanto, se reduce a la mitad. Dado que esta constelación, no obstante, ocurre raramente, por regla general ambos escáneres proporcionan datos para la determinación de la posición de hilo de contacto.

El *escáner del hilo de contacto* puede reconocer radiación solar directa basándose en los valores de medición característicos para este caso. Sobre esta base, se define una "zona ciega" para cada escáner, que por regla general comprende una zona angular de aproximadamente 3° a 5°. Si un hilo de contacto reconocido por el sistema se encuentra dentro de la "zona ciega", se determina un valor esperado basándose en el curso del hilo de contacto de hasta ahora y se deposita en la matriz de hilos de contacto.

En comparación con la variante de definir el hilo de contacto como "perdido" debido al deslumbramiento del sol, se da como resultado la ventaja de que el segundo láser puede seguir mejor el curso del hilo de contacto basándose en la posición calculada y esperada. Dado que la posición de hilo de contacto no cambia de manera brusca, no se esperan grandes errores de medición debido a la aplicación de este procedimiento. Mientras el hilo de contacto esté presente realmente, su curso puede medirse por tanto de manera óptima. De lo contrario, mediante las muchas mediciones incorrectas aumentaría la probabilidad de que el hilo de contacto ya no fuera reconocido como tal debido a falsificaciones frecuentes y, por tanto, se borrara de la matriz de hilos de contacto.

Reconocimiento principal

El *escáner de hilo de contacto* es capaz de reconocer, mediante el zigzag del hilo de contacto, las posiciones de mástiles de líneas aéreas. Los mástiles reconocidos se representan sobre la superficie de manejo como impulsos de aguja azules (Figura 6).

Con fines del reconocimiento principal se deriva dos veces el curso de la posición lateral del hilo de contacto. A la altura de las posiciones de mástil se dan como resultado en la segunda derivación deflexiones características en el curso de la función (Figura 7). Además, el programa calcula después de cada ciclo una posición del hilo de contacto esperada. Si un valor difiere solo ligeramente de la misma, el curso de la función se suaviza adicionalmente (supresión del ruido). Mediante el curso suavizado pueden filtrarse e identificarse de manera más sencilla los impulsos distintivos en los emplazamientos de mástil.

Ejemplo de realización

La invención debe explicarse en más detalle a continuación mediante un ejemplo de realización.

A este respecto muestran:

- la Figura 1 - una configuración de sistema típica para el procedimiento,
- la Figura 2 - los datos de posición del hilo de contacto sin filtrar (datos brutos),
- la Figura 3 - los datos de posición del hilo de contacto filtrados,
- la Figura 4 - el vehículo en posición de reposo,
- 5 - la Figura 5 - un vehículo que se balancea,
- la Figura 6 - curso de la posición lateral del hilo de contacto y el reconocimiento principal,
- la Figura 7 - reconocimiento principal.

La Figura 1 muestra una configuración de sistema típica para el procedimiento. Los láseres en abanico 1 y 2 están montados sobre el techo de la carrocería 5. Se abastecen de energía a través de líneas de conexión 14 de un transformador de tensión 12. A través de una parte de red 11 se alimentan con corriente a su vez el ordenador de medición 8 y el transformador de tensión 12. Los láseres en abanico 1 y 2 envían sus telegramas de datos a través de un cable de Ethernet 13 al ordenador de medición 8.

Por medio de un espejo que rota, los láseres en abanico 1 y 2 barren su entorno cíclicamente con una anchura de paso de $0,667^\circ$.

Dentro de las zonas de medición 6 y 7 de los láseres en abanico 1 y 2 se capta, a este respecto, también el hilo de contacto 3. La posición de hilo de contacto puede filtrarse por medio de algoritmos de filtro adecuados a partir del perfil ambiental suministrado por los láseres en abanico 1 y 2.

Para poder medir el balanceo de la carrocería 5 (véase la Figura 5), se determina el movimiento relativo entre la carrocería 5 y el eje de rueda 15 por medio de potenciómetros de tracción de cable 4. Los potenciómetros de tracción de cable se abastecen con energía a través de módulos adaptadores 9. Además, el ordenador de medición 8 puede leer por medio de un convertidor analógico-digital 10 los resultados de medición actuales de los potenciómetros de tracción de cable 4 a través de los módulos adaptadores 9 y a partir de ello derivar el comportamiento de balanceo de la carrocería 5.

Realización de una medición: después del comienzo de la medición, los láseres en abanico 1 y 2 comienzan con el envío de telegramas de datos de medición que contienen valores de ángulo y de distancia sobre objetos reconocidos, que se encuentran dentro de la zona de captación del láser en abanico. El telegrama de datos se lee y descifra por el ordenador de medición 8.

De la cantidad de los puntos de medición contenidos en el telegrama de datos, que reflejan el perfil ambiental por encima de los láseres en abanico 1 y 2, se eliminan todos los puntos que no se encuentran dentro de la ventana de expectativas para el hilo de contacto.

Para los hilos de contacto ya conocidos, se buscan datos de posición actualizados en la cantidad restante de puntos de medición buscando el programa un punto de medición en el lugar esperado más el cambio de posición permitido ($dy < 5 \text{ cm}$, $dx < 10 \text{ cm}$). Si se encuentra un punto de medición dentro de las tolerancias especificadas, este valor se asume en la matriz de hilos de contacto como una nueva posición de hilo de contacto. Si se encuentran varios puntos de medición potenciales, el punto de medición más cercano a la posición esperada se asume como nueva posición de hilo de contacto.

Si no se encuentra ningún punto de medición, se calcula un valor esperado (continuación del curso del hilo de contacto de hasta ahora), se asume como nueva posición de hilo de contacto en la matriz de hilos de contacto y se incrementa el contador para una medición errónea. Después de diez mediciones erróneas, el hilo de contacto se elimina de la matriz de hilos de contacto.

Para mejorar los datos brutos relativamente ruidosos (véase la Figura 2), los resultados de medición deben ser filtrados. En este sentido se usa una combinación de un filtro de mediana así como un promediado de deslizamiento (véase la Figura 3).

A este respecto, las Figuras 2 y 3 muestran la posición lateral del hilo de contacto 19 así como la posición de altura del hilo de contacto 20, que están aplicadas a través del kilometraje de recorrido 21. En el curso de la medición representada, el sistema de medición ha rastreado los hilos de contacto 16, 17 y 18.

A continuación del filtrado de datos se analiza el curso del hilo de contacto, se deriva dos veces y se comprueba así la presencia de un emplazamiento de mástil (véase la tabla 2). Un mástil reconocido de esta manera puede proporcionar otros módulos de medición a través de una interfaz digital o analógica, por ejemplo con fines de la localización de datos.

En la siguiente etapa se superponen y agrupan todos los puntos de medición dentro de la ventana de expectativas

para el hilo de contacto de los últimos cinco ciclos de medición. En todas las partes donde se encuentra un hilo de contacto se produce una acumulación de puntos, mientras que en cambio gotas de lluvia, copos de nieve u otros objetos perturbadores se originan distribuidos de manera estocástica. Si se produce una acumulación de puntos como máximo 10 cm por encima del hilo de contacto actualmente más bajo conocido, las coordenadas del cúmulo de puntos se promedian y se transfieren como nuevo hilo de contacto opcional a la matriz de hilos de contacto. Tan pronto como el hilo de contacto opcional pudo captarse en cinco escaneos posteriores, el hilo de contacto se hace "válido" y se rastrea por el programa. De lo contrario, el hilo de contacto opcional se elimina de nuevo de la matriz de hilos de contacto.

Debajo de los hilos de contacto contenidos en la matriz de hilos de contacto se determina el hilo de contacto más bajo y se marca como hilo de contacto principal. En la transición entre dos hilos de contacto se suprime por medio de una función de histéresis un salto de ida y vuelta frecuente entre dos hilos de contacto en la zona de transición.

Los datos de posición del hilo de contacto determinados de esta manera pueden transmitirse a través de interfaces digitales o analógicas a otros procesos de procesamiento posteriores. Por un lado, los datos de posición del hilo de contacto almacenados fácilmente en un soporte de datos pueden dotarse de información de posición o cronoselladores. Para compensar los movimientos de balanceo de la carrocería 5, los datos de posición del hilo de contacto deben pasarse al módulo de software para la compensación de balanceo. El módulo para la compensación de balanceo después transfiere los datos de posición del hilo de contacto desde el sistema de coordenadas xy de los láseres en abanico 1 y 2 al sistema de coordenadas x'y' (véase la Figura 5) dispuesto con respecto al borde superior del carril.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para medir las alturas (y) y posición lateral (x) de hilo de contacto de la línea aérea de una vía, captándose por medio de un espejo que rota de un láser en abanico el perfil ambiental dentro de una zona de barrido predefinida y elaborándose después de cada escaneo completo por el escáner un telegrama de datos con valores de ángulo y de distancia sobre superficies u objetos reconocidos,

caracterizado por que

los hilos de contacto se barren por al menos dos láseres en abanico instalados sobre el techo de un vehículo sobre carriles, presentando el ángulo de barrido de los rayos láser de barrido en el caso de dos láseres en abanico usados el uno con respecto al otro un desplazamiento de fase de 180° y en caso de más de dos láseres en abanico un desplazamiento de fase = $360^\circ/\text{número de los láseres usados}$,

y la medición se efectúa en tres etapas:

- **determinación de las coordenadas de objetos reconocidos:** convirtiéndose las coordenadas polares suministradas por el láser en abanico en primer lugar en coordenadas cartesianas y corrigiéndose en la medida del desplazamiento de montaje del láser, añadiéndose la altura de montaje a la distancia determinada por el láser en abanico con respecto a los hilos de contacto para determinar la altura de hilo de contacto con respecto al borde superior del carril,
- **selección de objetos relevantes:** efectuándose una selección de los puntos de medición que se sitúan dentro de una ventana de expectativas predefinida, definida mediante la posición lateral del hilo de contacto mínima $< x <$ posición lateral del hilo de contacto máxima, y posición de altura del hilo de contacto mínima $< y <$ posición de altura del hilo de contacto máxima, para los hilos de contacto y configurándose una ventana de selección.
- **actualizar datos de posición del hilo de contacto:** buscándose en la cantidad de puntos seleccionados datos de posición actualizados para hilos de contacto conocidos y añadiéndose nuevos hilos de contacto conocidos.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** una búsqueda de nuevos hilos de contacto se lleva a cabo de tal modo que estos se reconocen en al menos tres de los últimos cinco escaneos y por tanto se asumen al menos tres puntos de medición para el nuevo hilo de contacto.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se añaden hilos de contacto adicionales solo cuando estos discurren al menos 15 cm con respecto al siguiente hilo de contacto.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** en el caso de una selección de más de cuatro hilos de contacto se almacenan en la ventana de selección los cuatro más bajos en la matriz de hilos de contacto.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** para la determinación de un hilo de contacto principal se calcula el hilo de contacto más bajo en la matriz de hilos de contacto, pudiendo ascender su deflexión en zigzag x como máximo a ± 65 cm.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** en el caso de una separación de tramos con dos líneas que discurren en paralelo en la transición del uno al otro hilo de contacto principal se usa una función de histéresis.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** después de la determinación de un hilo de contacto principal se limita la selección de objetos relevantes de tal modo que solo se tienen en cuenta puntos de medición que se encuentran como máximo 10 cm por encima del hilo de contacto principal.

8. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** por medio de varios sensores de balanceo se captan los movimientos de la carrocería, a partir de ello se determina la posición de los láseres planos con respecto al borde superior de carril, se evalúan y se emiten los datos de posición de hilo de contacto con compensación de balanceo.

9. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** a efectos de un reconocimiento principal se deriva el curso de la posición lateral del hilo de contacto y se suaviza (supresión de ruido) dos veces, dándose como resultado en la segunda derivación deflexiones características en el curso de la función que se representan como impulsos de aguja.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** se reconocen y compensan automáticamente mediciones erróneas causadas por radiación solar directa.

Figura 1

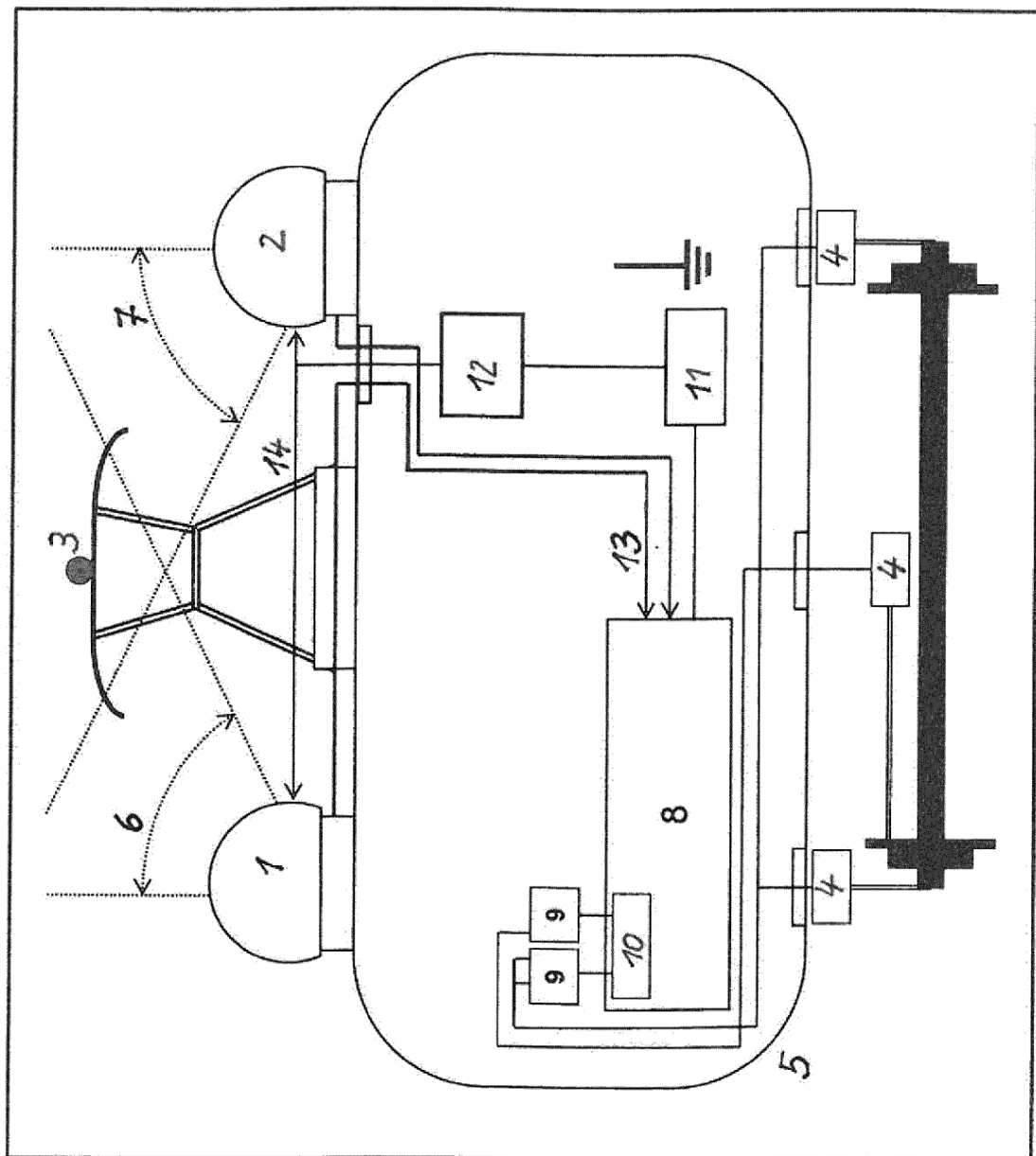


Figura 2

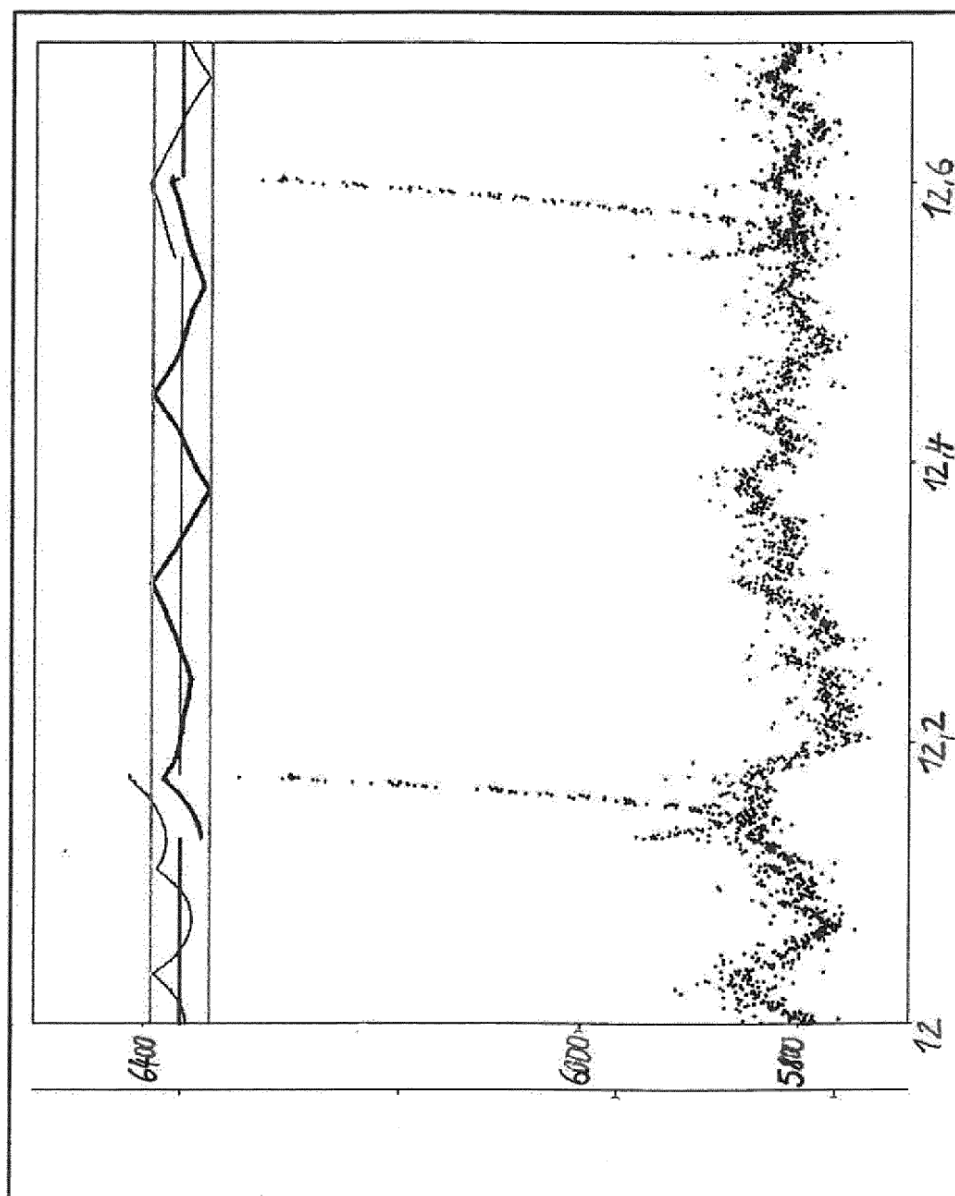


Figura 3

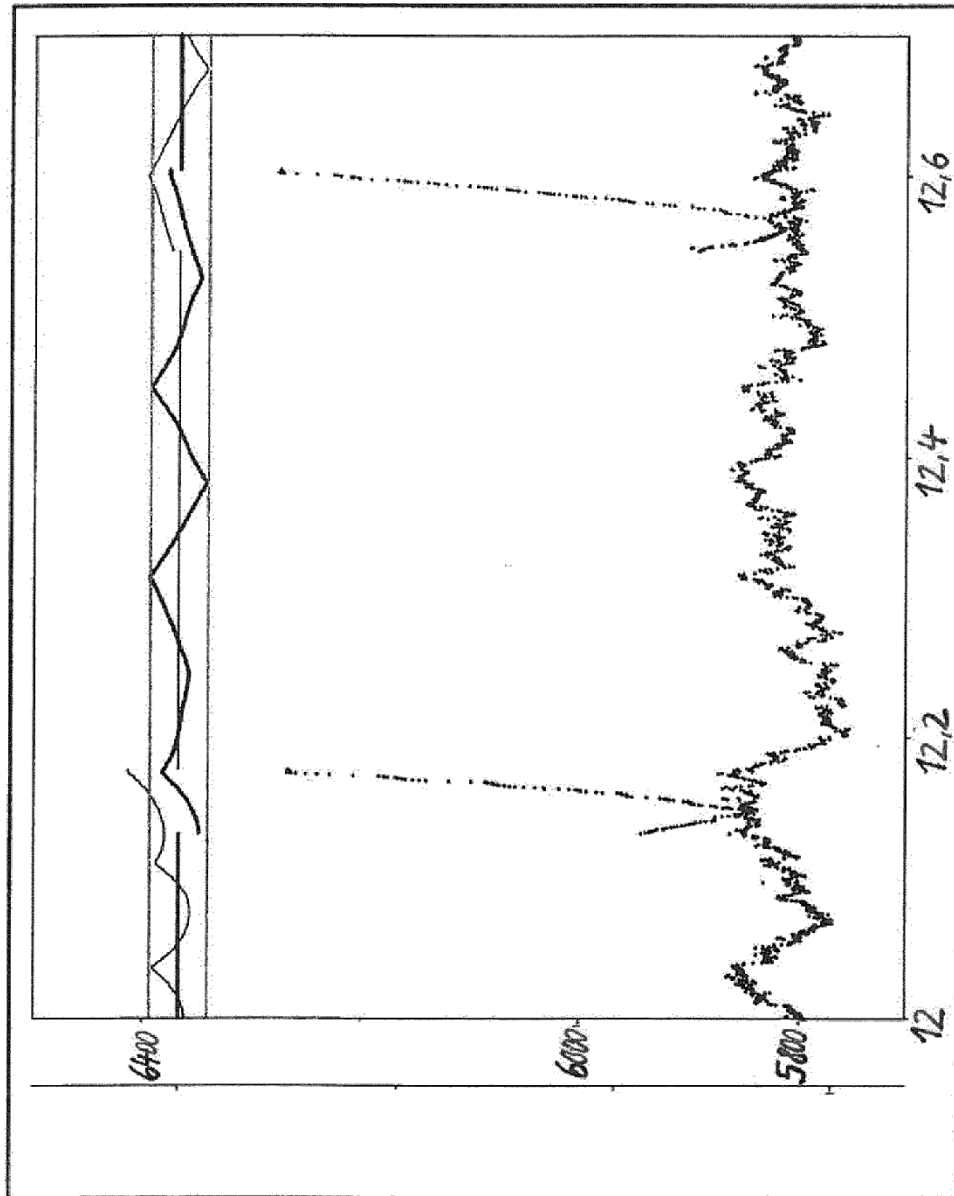


Figura 4

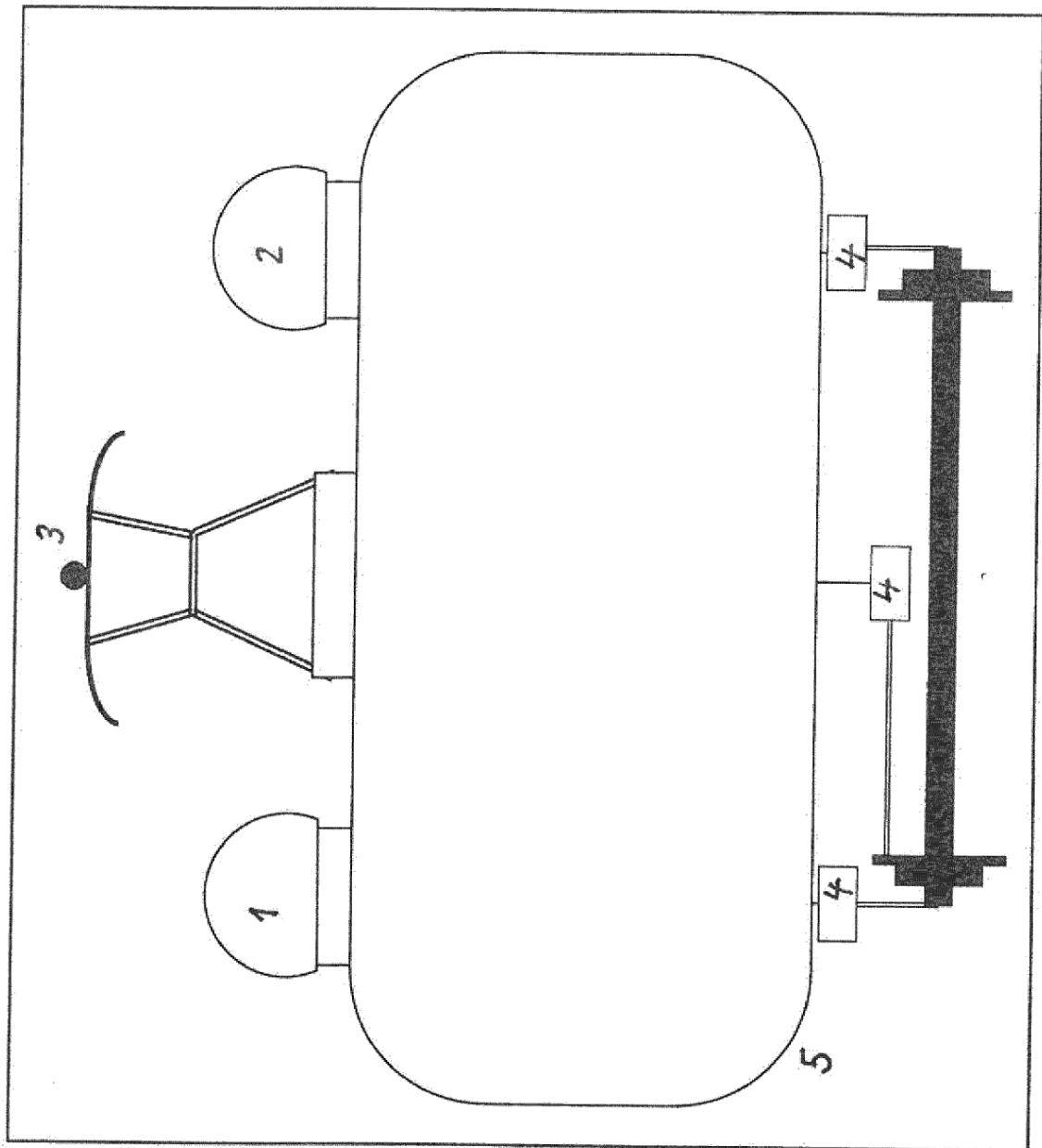


Figura 5

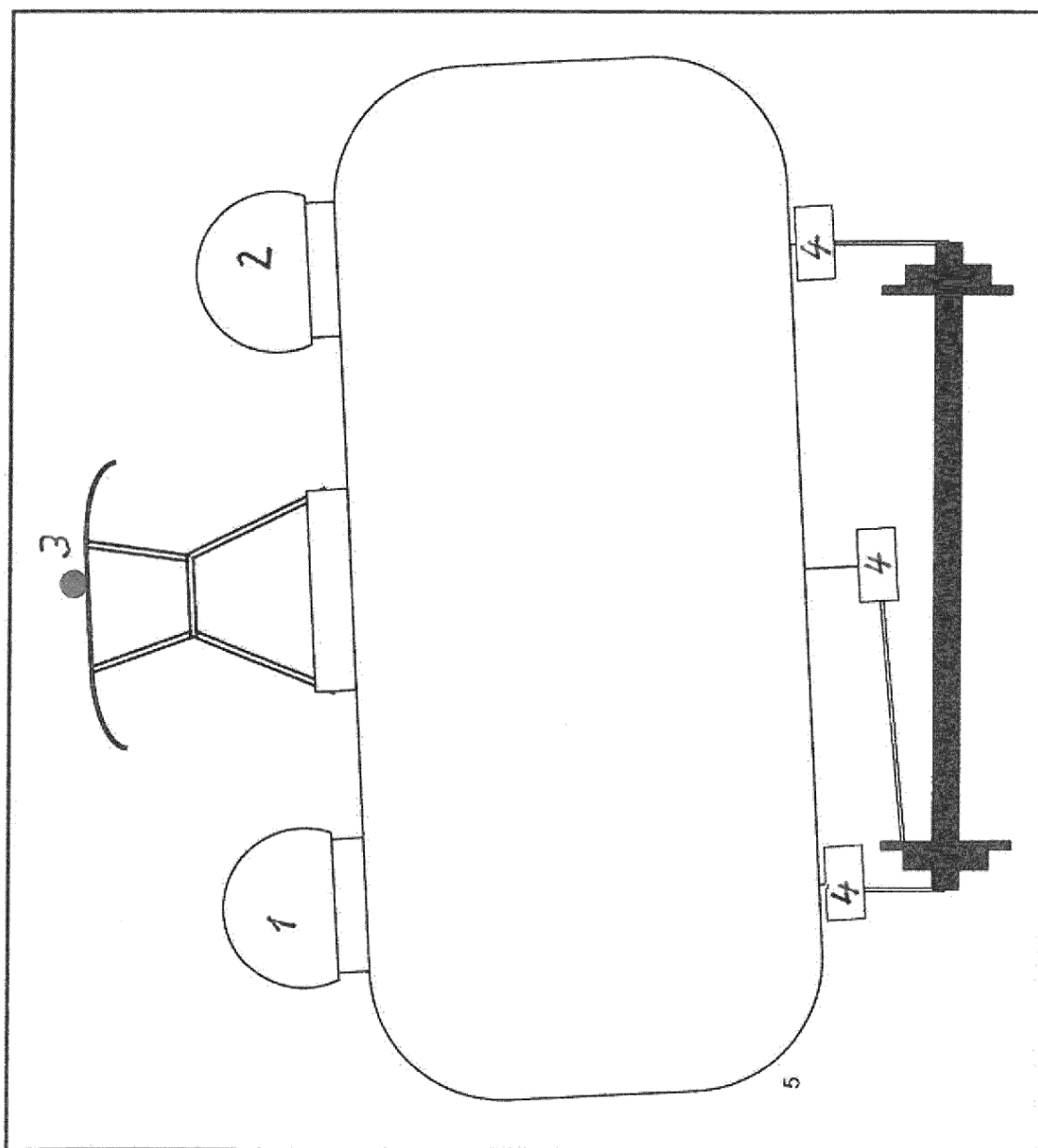
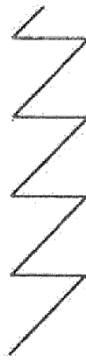


Figura 6 - Datos de posición, 3 hilos de contacto reconocidos

Sintaxis	km de recorrido [km]	Hilo de contacto 1			Hilo de contacto 2			Hilo de contacto 3			Hilo de contacto 4		
		{TAB}	Zigzag [mm]	{TAB} Posición de altura [mm]	Zigzag [mm]	{TAB}	Posición de altura [mm]	Zigzag [mm]	{TAB}	Posición de altura [mm]	Zigzag [mm]	{TAB}	Posición de altura [mm]
Ejemplo:	14,1980		-55	6034	374		6063	530		6086	-1000		7000

Figura 7 - Reconocimiento principal por medio de análisis de la posición lateral del hilo de contacto

	En la recta	En la curva
Curso típico de la posición lateral del hilo de contacto		
1ª derivación		
2ª derivación		