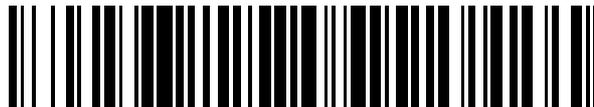


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 870**

51 Int. Cl.:

G01P 3/49 (2006.01)

G01P 3/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2017 E 17161085 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019 EP 3330719**

54 Título: **Sistema y método para medir la velocidad de un vehículo guiado**

30 Prioridad:

30.11.2016 EP 16380035

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

18.03.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS RAIL AUTOMATION S.A.U. (100.0%)
Ronda de Europa 5
28760 Tres Cantos (Madrid), ES**

72 Inventor/es:

GARRIDO BARROSO, DAVID

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 748 870 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para medir la velocidad de un vehículo guiado

La presente invención se refiere a un sistema y a un método para medir la velocidad de un vehículo guiado.

5 La presente invención está dirigida a técnicas de odometría para determinar la posición y velocidad actual de un vehículo guiado que se mueve a lo largo de una ruta. "Vehículo guiado" según la presente invención, se refiere en general a un dispositivo para llevar o transportar sustancias, objetos o individuos que se guía por al menos un medio de guía, como un rail, y se refiere más particularmente a medios de transporte público como autobuses, trolebuses, tranvías, metros, trenes o unidades de tren, etc., así como medios de transporte de carga como, por ejemplo, grúas aéreas o medios de transporte minero para los cuales la seguridad es un factor muy importante y que se guían a lo largo de una ruta o vía férrea por al menos un rail, en particular por dos railes.

10 Los vehículos guiados suelen tener sistemas automáticos para controlar su velocidad en función de su posición y/o de entradas externas, que son, por ejemplo, la presencia cerca de otro vehículo guiado, o la presencia de una curva que requiere una disminución de la velocidad del vehículo guiado. Ejemplos de sistemas automáticos son el sistema de control automático de trenes (ATC) o el sistema de protección automática de trenes (ATP) que suelen equipar a los trenes. Por lo tanto, por razones de seguridad, la velocidad y la posición de un vehículo guiado son parámetros importantes que deben determinarse de manera precisa y fiable.

15 Hasta ahora, se han utilizado diferentes técnicas para determinar la velocidad y/o posición de un vehículo guiado. Se trata, por ejemplo, de técnicas que utilizan balizas, satélites de navegación global, circuitos de vía, tacómetros, radares Doppler, etc. Desafortunadamente, la mayoría de las técnicas mencionadas fallan al detectar situaciones de patinaje/deslizamiento de ruedas y/o velocidad cercana a cero que pueden afectar la medición de velocidad/posición y, a menudo, son sistemas bastante complejos.

20 En JP-H 08-146024, DE-B-1214910 y DE-B-1147787 se describen sistemas de detección de velocidad de corrientes de Foucault que emplean la creación de un campo magnético y la determinación de corrientes de Foucault representativas de la velocidad de movimiento. El campo magnético permanece estacionario con respecto a dos sensores de flujo magnético, y la velocidad es proporcional a la diferencia de flujo en los sensores.

25 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proponer un sistema y un método para determinar la velocidad y/o posición de un vehículo guiado que sea simple, preciso y supere los problemas de patinaje/deslizamiento y de velocidad cercana a cero. El objetivo mencionado anteriormente se logra mediante un sistema y un método según las reivindicaciones independientes. Otras realizaciones y otras ventajas de la presente invención se proponen en las reivindicaciones dependientes.

30 La invención propone en particular un sistema para determinar la velocidad S de un vehículo guiado y/o la distancia recorrida por dicho vehículo guiado, estando este último guiado a lo largo de una ruta por al menos un rail eléctricamente conductor que sirve de guía para el vehículo guiado y define una ruta predefinida para este último, en el que dicho carril conductor se extiende según su longitud a lo largo de una dirección R . El sistema según la invención está configurado especialmente para ser instalado a bordo del vehículo guiado, por ejemplo, en un bogie del vehículo guiado, de modo que pueda interactuar con el rail conductor como se explicará más adelante.

Según la presente invención, el sistema comprende preferentemente:

- 35 – un dispositivo para producir un campo magnético B preferentemente orientado hacia el rail conductor y capaz de inducir corrientes de Foucault en el rail conductor cuando el sistema está instalado a bordo del vehículo guiado, dicho dispositivo es capaz de desplazar o trasladar su campo magnético B en un momento T_i a una velocidad V en la que el vector de velocidad para dicho desplazamiento es paralelo a la dirección R de extensión del rail conductor. En otras palabras, el desplazamiento o traslado del campo magnético B es paralelo a la dirección R de extensión del rail conductor. Dicho dispositivo comprende, por ejemplo, al menos un imán, como un imán permanente y/o un electroimán;
- 40 – un sensor de flujo magnético configurado para medir un campo magnético recíproco resultante de las corrientes de Foucault creadas en el rail conductor por el campo magnético B ;
- 45 – un controlador conectado al dispositivo y al sensor de flujo magnético para controlar el desplazamiento del campo magnético en función de un valor del campo magnético recíproco medido por dicho sensor de flujo magnético para determinar la velocidad S del vehículo guiado, en el que dicho controlador está configurado para controlar el desplazamiento o el traslado del campo magnético B de modo que en el momento T_i , el campo magnético recíproco medido por el sensor de flujo magnético se minimice, preferiblemente igual a cero, lo que da lugar a $S = V$.

La presente invención también se refiere a un método para determinar la velocidad S de un vehículo guiado a lo largo de una ruta por al menos un rail conductor que se extiende según su longitud a lo largo de una dirección R, el método comprende:

- 5 – la producción de un campo magnético B capaz de inducir corrientes de Foucault en el rail conductor;
- medir un campo magnético recíproco resultante de las corrientes de Foucault creadas en el rail conductor por el campo magnético B;
- 10 – el desplazamiento en un momento T_i del campo magnético B según un vector de velocidad \vec{v} que es paralelo a la dirección R de extensión del rail conductor, en el que la magnitud, y opcionalmente, la dirección del vector de velocidad \vec{v} en dicho momento T_i se controla mediante un controlador (6) en función de un valor del campo magnético recíproco medido de modo que en dicho momento T_i , el campo magnético recíproco medido se minimice, lo que da lugar a $S = |\vec{v}|$.

La figura 1 permite comprender mejor el concepto de la presente invención. De hecho, según la presente invención, cuando el vehículo guiado se mueve en la dirección R sobre el rail conductor 3, la dirección del campo magnético B generado por el dispositivo que contiene un imán 41 con su polo norte apuntando hacia el carril conductor 3 se dirige preferencialmente hacia dicho carril conductor 3 y dicho campo magnético B inducirá corrientes de Foucault i_1 , i_2 dentro del carril conductor 3 como se muestra en la Figura 1. Al considerar un movimiento relativo entre el vehículo guiado y el carril conductor 3 (el vehículo guiado que se mueve, por ejemplo, de aguas arriba a aguas abajo según dicha dirección R), la parte del campo magnético B que se encuentra en el borde delantero (es decir, la parte aguas abajo de dicho campo magnético, si se considera que el vehículo guiado se mueve de aguas arriba a aguas abajo - parte derecha del campo magnético B en la Fig. 1) inducirá corrientes de Foucault i_1 que fluyen en el sentido de las agujas del reloj y la parte del campo magnético B que se encuentra en el borde posterior (es decir, la parte aguas arriba - a la izquierda en la Fig. 1) inducirá corrientes de Foucault i_2 en sentido contrario a las agujas del reloj. Esto crea así dos bucles de corrientes de Foucault, en donde las corrientes de Foucault de cada bucle generarán a su vez dicho campo magnético recíproco, respectivamente un primer campo magnético recíproco BR1 y un segundo campo magnético recíproco BR2 que son proporcionales a la velocidad relativa del vehículo guiado con respecto al carril conductor 3, que en este caso es inmóvil. Cuanto mayor sea la velocidad del vehículo guiado en comparación con el rail conductor inmóvil 3, mayor será la densidad de flujo de BR1 y BR2. Si la velocidad relativa es cero, entonces no aparecerá corrientes de Foucault y, por lo tanto, tampoco se producirá el efecto de Lenz. Por lo tanto, la velocidad del vehículo guiado podría obtenerse mediante la medición directa de la fuerza de Lenz detectada por medio del sensor de flujo magnético.

La idea básica de la presente invención es utilizar un bucle de retroalimentación para controlar por medio del controlador un movimiento o desplazamiento del campo magnético B en un momento T_i en función de un valor del campo magnético recíproco medido por el sensor de flujo magnético, de modo que dicho movimiento o desplazamiento, por ejemplo un traslado instantáneo, se realice en una dirección y de acuerdo con una velocidad que, en dicho momento T_i , respectivamente, se oponga a la dirección de desplazamiento del vehículo guiado y es equivalente a la velocidad del vehículo guiado. El objetivo del bucle de retroalimentación es minimizar el valor del campo magnético recíproco medido por el sensor de flujo magnético en dicho momento T_i y transmitido en tiempo real al controlador mediante el ajuste y el control del desplazamiento del campo magnético B en dicho momento T_i por medio del controlador.

40 Otros aspectos de la presente invención se entenderán mejor a través de los siguientes dibujos, en los que se utilizan números similares para partes similares y correspondientes:

Figura 1 representación esquemática de la interacción de un imán móvil con un rail conductor.

Figura 2 representación esquemática de una primera realización según la invención.

Figura 3 detalle de la primera realización según la invención.

45 Figura 4 representación esquemática de una segunda realización según la invención.

Figura 5 representación esquemática de una tercera realización según la invención.

La figura 1 muestra el concepto básico de la invención, en el que un campo magnético B de un imán 41 de un dispositivo según la invención interactúa con un rail conductor 3 para inducir corrientes de Foucault i_1 , i_2 dentro del rail conductor 3. Un flujo magnético recíproco generado mediante al menos parte de dichas corrientes de Foucault i_1 , i_2 , por ejemplo, el flujo magnético recíproco BR1 y/o el flujo magnético recíproco BR2, se mide mediante un sensor de flujo magnético (ver las referencias 51 y 52 en la Fig. 2 o Fig. 3) situado entre el imán 41 y el rail conductor 3. Los valores de medición o de mediciones de dicho flujo magnético recíproco se transmiten en tiempo real a un controlador 6 (ver Fig. 2) que está configurado para controlar y ajustar, mediante dicho dispositivo, un desplazamiento del campo

magnético B en una dirección y a una velocidad opuestas a la dirección R y al vector de velocidad \vec{S} (véase la Figura 2) del vehículo guiado, de modo que el flujo magnético recíproco medido por el sensor de flujo magnético se minimice o sea igual a cero al menos en un momento T_i , lo que significa que la velocidad relativa del rail conductor y del imán 41 es cero en dicho momento T_i , es decir $|\vec{S}(T_i)| = |\vec{V}(T_i)|$ donde $\vec{V}(T_i)$ es el vector de velocidad del campo magnético B (o de la parte del imán 41 que está más cerca del rail conductor 3) en dicho momento T_i .

La figura 2 muestra una realización preferente de un sistema 1 según la invención. Dicho sistema 1 está diseñado para ser montado a bordo de un vehículo guiado que está configurado para seguir una ruta definida por al menos un rail conductor de electricidad 3, el vehículo guiado se mueve, por ejemplo, a una velocidad S con el vector de velocidad \vec{S} según la dirección R ilustrada por las flechas correspondientes en la Figura 2, siendo dicha dirección R la dirección de extensión del rail conductor 3. El sistema 1 según la invención está instalado preferentemente en un bogie 21 del vehículo guiado 2 (ver Fig. 4).

El sistema 1 según la invención comprende, por ejemplo:

- un dispositivo 4 para producir al menos un campo magnético B, en el que cada campo magnético B es preferentemente homogéneo y comprende un plano A de simetría con respecto al cual es simétrico. Según la presente invención, dicho plano de simetría A es, en particular, perpendicular a la dirección R de la extensión del rail conductor 3 en al menos dicho momento T_i que tiene lugar durante la determinación de la velocidad del vehículo guiado y cuando el sistema según la invención se instala a bordo del vehículo guiado. Dicho dispositivo 4 contiene en particular al menos un imán 41, preferentemente una serie de imanes 41, por ejemplo, electroimanes o imanes permanentes. Los imanes 41 son preferentemente idénticos y están configurados cada uno para producir un campo magnético idéntico B, comprendiendo cada uno dicho plano A de simetría;
- un sensor de flujo magnético que consta preferentemente de un primer sensor de flujo magnético 51 y un segundo sensor de flujo magnético 52, configurado para medir el flujo magnético recíproco generado por las corrientes de Foucault inducidas en dicho momento T_i ;
- un controlador 6 conectado al dispositivo 4 y al sensor de flujo magnético, por ejemplo al primer sensor de flujo magnético 51 y al segundo sensor de flujo magnético 52, en donde el controlador está configurado para controlar el dispositivo 4 en función de los valores del flujo magnético medidos por el sensor de flujo magnético, por ejemplo, por el primer y/o segundo sensor de flujo magnético, de modo que los valores medidos se mantengan en su mínimo, lo que implica que la velocidad que caracteriza el desplazamiento del campo magnético B en dicho momento T_i (que es un parámetro conocido) es igual a la velocidad del vehículo guiado en dicho momento T_i .

Según la presente invención, el dispositivo 4 es capaz de desplazar el campo magnético B producido por el imán 41 en dicho momento T_i según una dirección que es paralela a la dirección R de extensión del rail conductor 3, pero opuesta a este último, de modo que el vector de velocidad \vec{V} que caracteriza dicho desplazamiento en el momento T_i se opone al vector de velocidad \vec{S} que caracteriza el desplazamiento del vehículo guiado a lo largo del rail conductor 3 en dicho momento T_i . En otras palabras, gracias a dicho dispositivo 4, el campo magnético B se caracteriza, en dicho momento T_i , por un vector de velocidad \vec{V} que es paralelo pero opuesto al vector de velocidad \vec{S} que caracteriza el desplazamiento del vehículo guiado en dicho momento T_i . Con el fin de crear dicho desplazamiento, la presente invención propone en particular mover cada imán 41 según un movimiento de rotación, de modo que al menos en dicho momento T_i , el desplazamiento del campo magnético B del imán 41 se caracteriza por el vector de velocidad \vec{V} que se opone al vector de velocidad \vec{S} que caracteriza el desplazamiento del vehículo guiado en dicho momento T_i .

Con este fin y en particular, la pluralidad de imanes M_i , $i=1, N$, con N el número de imanes 41, están dispuestos en un soporte que puede girar para que el imán 41 interactúe uno tras otro con el rail conductor 3 durante la rotación del soporte, el imán M_i induce al menos en dicho momento T_i corrientes de Foucault en dicho rail conductor 3. De hecho, debido a la rotación de dicho soporte alrededor de un eje de rotación B, dichos imanes 41 también son accionados en rotación alrededor de dicho eje de rotación B, y dicha rotación mueve sucesivamente cada imán desde una posición en el momento T_i en el que se encuentra a la distancia más cercana del rail conductor 3 y en el que induce dichas corrientes de Foucault en el rail conductor 3 a una posición en un momento T_i' en la que se encuentra en la posición más alejada del rail conductor 3. Cada imán está dispuesto preferentemente en dicho soporte de manera que el campo magnético B que genera se encuentre en dicho momento T_i durante la rotación sustancialmente perpendicular a la dirección de extensión R del rail conductor 3. Por ejemplo, los imanes están montados en una rueda giratoria 42 que sirve en este caso como soporte. Los imanes 41 pueden estar dispuestos alrededor de la circunferencia de dicha rueda giratoria 42 como se muestra en la figura 2-4. En este caso, la rueda giratoria 42 contiene imanes fijos alrededor de todo el perímetro orientados hacia afuera. Dicho soporte, por ejemplo, la rueda giratoria 42, puede girar en el sentido de las agujas del reloj según la dirección de rotación w si el vehículo guiado se mueve hacia delante en la dirección R de extensión del rail conductor 3 según una velocidad caracterizada por el vector de velocidad \vec{S} , o en sentido contrario a las agujas del reloj según la dirección de rotación -w si el vehículo guiado se mueve hacia atrás. En particular, el dispositivo 4 contiene además un motor 43, por ejemplo un motor de velocidad variable, para impulsar

en rotación el soporte, por ejemplo dicha rueda giratoria 42, siendo dicho motor 43 controlado preferentemente por el controlador 6 en función de los valores del campo magnético medidos en tiempo real por el sensor de flujo magnético de modo que el controlador 6 está configurado para controlar la rotación del soporte (rueda giratoria 42) en función de los valores del flujo magnético recíproco medido por el sensor de flujo magnético, en particular medido por el primer y segundo sensor de flujo magnéticos 51, 52.

Según la presente invención y como se ilustra en la Fig. 2, la rotación de la rueda giratoria 42 hace girar la pluralidad de imanes 41. Según la presente invención, no es esencial tener una pluralidad de imanes, sería suficiente con un soporte o rueda giratoria 42 que contenga un solo imán 41. Durante la rotación de la rueda giratoria 42, cada imán pasa sucesivamente en la proximidad del rail conductor 3, es decir, en la posición que está a la distancia más cercana del rail conductor 3. Por lo tanto, durante la rotación de la rueda giratoria 42 (o en términos generales del soporte), cada imán 41 alcanza su posición más cercana al rail conductor en el momento T_i , por ejemplo, un primer imán M1 se encuentra a la distancia más cercana en el momento T_1 , un segundo imán M2 en el momento T_2 , un tercer imán M3 en el momento T_3 , en el que el momento T_i es una función de la velocidad de rotación w del soporte o la rueda giratoria 42. Según la presente invención, el momento T_i es el momento en el que un imán M_i alcanza dicha posición más cercana en la que está lo suficientemente cerca del rail conductor 3 para inducir las corrientes de Foucault dentro de dicho rail conductor 3. En dicho momento T_i , se inducen dos bucles de corrientes de Foucault como se describe para la Fig. 1 dentro del rail conductor 3, respectivamente, un primer bucle de corrientes de Foucault $i1$ y un segundo bucle de corrientes de Foucault $i2$, que generan respectivamente el primer campo magnético recíproco BR1 y el segundo campo magnético recíproco BR2 que se dirigen en direcciones opuestas, y principalmente perpendicular a la dirección R de extensión del rail conductor 3 en la superficie de dicho rail conductor 3 que está orientado hacia el imán 41.

Según la presente invención, el sensor de flujo magnético comprende preferentemente al menos un par de sensores de flujo magnético idénticos, respectivamente, un primer sensor de flujo magnético 51 situado en una posición que está en un lado del plano A en el momento T_i , y un segundo sensor de flujo magnético 52 situado en una posición que, en dicho momento T_i , está en el otro lado de dicho plano A, simétricamente al primer sensor de flujo magnético 51, en el que el primer sensor de flujo magnético 51 está configurado para medir el primer flujo magnético recíproco BR1 resultante de las corrientes de Foucault $i1$ inducidas en el rail conductor 3 por la parte del campo magnético B situado en dicho lado del plano A, y el segundo sensor de flujo magnético 52 está configurado para medir el segundo flujo magnético recíproco BR2 resultante de las corrientes de Foucault $i2$ inducidas dentro del rail conductor 3 por la parte del campo magnético B situada en dicho otro lado del plano A en dicho momento T_i .

De hecho, como se muestra con más detalle en la Fig. 3, el primer sensor de flujo magnético 51 y el segundo sensor de flujo magnético 52 están dispuestos preferentemente lado a lado simétricamente con respecto al plano A de cada campo magnético B de cada imán 41 que se mueve sobre el primer y segundo sensores de flujo magnético a través de la rotación de la rueda giratoria 42. Cuando dicho imán 41 se encuentra en la posición más cercana al rail conductor 3, los sensores de flujo magnético 51, 52 se sitúan en el espacio entre el imán y el rail conductor 3 para poder detectar y medir los campos magnéticos recíprocos generados por las corrientes de Foucault inducidas, el primer sensor de flujo magnético 51 está dispuesto en una ubicación adecuada para medir el primer flujo magnético recíproco BR1 y el segundo sensor de flujo magnético 52 está dispuesto en una ubicación adecuada para medir el segundo flujo magnético recíproco BR2 para tener una medición separada de los primer y segundo flujos magnéticos recíprocos. En otras palabras, la presente invención propone una medición separada del primer y segundo flujos magnéticos recíprocos BR1 y BR2 a través del primer y segundo sensores de flujo magnético 51 y 52 respectivamente. El posicionamiento simétrico del primer y segundo sensores de flujo magnético con respecto al plano A permite medir por separado el primer y el segundo flujo magnético recíproco a través del primer y segundo sensor de flujo magnético respectivamente.

Esta disposición de los sensores de flujo magnético según la invención proporciona las siguientes ventajas:

Se sabe que la fuerza de Lenz no solo es proporcional a la velocidad relativa entre el campo magnético B y el rail conductor 3, sino que también depende de otras variables como la densidad de flujo del campo magnético B, la distancia de separación entre el imán 41 y el rail conductor 3, la posición relativa (orientación) del imán 41 con respecto al rail conductor 3, y también la conductividad eléctrica del rail conductor 3. La realización preferente de las figuras 2 y 3 permite disminuir el impacto de dichas otras variables en la determinación de la velocidad del vehículo guiado. De hecho, incluso si el uso de un único sensor magnético llevara a la determinación de la velocidad del vehículo guiado, al medir, por ejemplo, solo el primer flujo magnético recíproco BR1 o el segundo flujo magnético recíproco BR2, el uso de dos sensores de flujo magnético idénticos 51, 52, imanes idénticos 41 que producen campos magnéticos simétricos B con respecto al plano A, mejora considerablemente la fiabilidad de la medición de la velocidad del vehículo guiado. La realización preferente según las Figuras 2-3 permite aislar la variable de velocidad cancelando la contribución del campo magnético de la fuerza del imán, la distancia de separación, la posición relativa y la conductividad del rail, y también compensar la contribución de la variable de velocidad a la densidad de flujo magnético.

Como ya se explicó, la presente invención permite anular la velocidad relativa entre el vehículo guiado 2 y el rail conductor 3 girando dicho soporte, por ejemplo, la rueda giratoria 42, según una velocidad angular controlada por el

controlador 6, de modo que la velocidad tangencial del campo magnético B (es decir, la tasa de cambio del desplazamiento angular de dicho campo magnético B) cuando el imán se encuentra en la posición más cercana al rail conductor 3 es igual y opuesta a la velocidad (lineal) del vehículo guiado. Al hacerlo, el desplazamiento relativo entre el imán 41 y el rail conductor 3 será igual a cero. Este equilibrio podría implementarse mediante un bucle de retroalimentación, por ejemplo, por medio de un algoritmo de control de bucle cerrado alojado en el controlador 6 que impulsa la rueda giratoria 42. Una vez que se obtiene el equilibrio cero de fuerza de Lenz, el controlador 6 puede calcular la velocidad del vehículo guiado en función de la velocidad angular de la rueda giratoria 42 y la distancia entre el eje de rotación B y la posición de la extremidad del imán que está a la distancia más cercana del rail conductor en el momento T_i , dicha distancia es preferentemente igual al radio R de la rueda giratoria. En este caso, se tendría para la velocidad S del vehículo guiado: $S = w(T_i) \cdot R$, donde $w(T_i)$ es la velocidad angular de la rueda giratoria en el momento T_i cuando un valor mínimo del flujo magnético recíproco medido se alcanza ajustando la velocidad angular de la rueda giratoria.

En particular, la presente invención permite también una medición de velocidad tanto para un movimiento hacia delante como para un movimiento hacia atrás del vehículo guiado girando la rueda giratoria 42 en sentido horario o antihorario.

En particular, el controlador 6 también puede detectar un vehículo guiado que está parado al determinar cuándo el bucle de retroalimentación que controla la velocidad angular de la rueda giratoria en función del flujo magnético recíproco medido BR1 y BR2 proporciona como salida una dirección de rotación w que alterna entre el sentido horario o antihorario, la rueda tiende a alternar la rotación en sentido horario o antihorario con el fin de minimizar el flujo magnético recíproco medido. El controlador podría utilizar esta alternancia de la dirección de rotación para identificar la velocidad cero del vehículo guiado. Adicional y opcionalmente, para mejorar la detección de velocidad cero del vehículo guiado y como se ilustra en la Fig. 4, se proporcionan otro dispositivo 14 idéntico al dispositivo 4 descrito anteriormente y otro sensor de flujo magnético idéntico al sensor de flujo magnético descrito anteriormente con respecto a un segundo rail conductor 13, dicho otro dispositivo 14 y dicho otro sensor de flujo magnético están conectados al controlador 6. En este caso, el controlador 6 está configurado en particular para hacer girar las ruedas giratorias motorizadas 42 y 142 en direcciones opuestas de rotación, por ejemplo, la rueda giratoria 42 que gira en el sentido de las agujas del reloj y la otra rueda giratoria 142 que gira en sentido contrario a las agujas del reloj, una de las ruedas giratorias se utiliza para medir la velocidad del vehículo guiado en caso de movimiento hacia adelante y la otra rueda giratoria se utiliza para medir la velocidad del vehículo guiado en caso de movimiento hacia atrás. En este caso, la velocidad cero es detectada, en particular, por el controlador 6 al determinar si el flujo magnético recíproco medido, medido por el sensor de flujo magnético y por dicho otro sensor de flujo magnético son idénticos en magnitud (una condición que es posible solo si la velocidad del vehículo es cero).

Ventajosamente, el uso de dicha otra rueda giratoria 142 no solo puede ayudar a mejorar la detección de velocidad cero, sino que también se puede usar para mejorar la medición de velocidad no cero del vehículo guiado 2 mediante el uso de un algoritmo que mejora la precisión o fiabilidad de la medición de velocidad. Eventualmente, dicha otra rueda giratoria también se puede usar con fines de robustez (disponibilidad). Dicha otra rueda giratoria 142 puede estar dispuesta, por ejemplo, para interactuar con el mismo rail conductor 3 que la rueda giratoria 42, o con dicho segundo rail conductor 13, para hacer frente a las discontinuidades del rail. En particular, dicha otra rueda giratoria 142 puede actuar como una rueda giratoria redundante para mejorar la disponibilidad de las mediciones del campo magnético.

Según la presente invención y preferentemente, el primer sensor de flujo magnético 51 y el segundo sensor de flujo magnético son idénticos, ubicados dentro del espacio entre el imán 41 y el rail conductor 3 en el momento T_i , de modo que en dicho momento T_i están dispuestos simétricamente con respecto al plano A, que es el plano de simetría del campo magnético B del imán M_i . Esta disposición particular del primer y segundo sensor de flujo magnético permite aislar la variable de velocidad cancelando la contribución del campo magnético de la fuerza del imán, la distancia de separación, la posición relativa y la conductividad del rail. De hecho, el primero y segundo sensores de flujo magnético están orientados hacia el imán M_i y el rail conductor 3 en dicho momento T_i , con un espacio lo más pequeño posible entre el imán M_i y los sensores de flujo magnético para asegurar que la mayoría de las líneas del campo magnético del imán M_i sean capturadas por los sensores de flujo magnético 51 y 52. Preferentemente, los imanes según la invención están dispuestos dentro de dicho dispositivo 4 para tener su campo magnético "entrando" en el rail conductor 3 perpendicularmente a la superficie de dicho rail conductor. Preferentemente, hay un número par de imanes 41, en donde el polo (N para Norte / S para Sur) del imán orientado hacia el rail conductor 3 alterna de un imán al otro: el imán M_1 tiene su polo norte orientado hacia el rail conductor en el momento $T_{1,1}$, el imán M_2 tiene su polo sur orientado hacia el rail conductor en el momento $T_{2,1}$ y el imán M_i tiene, por ejemplo, el polo norte orientado hacia el rail conductor 3 si i es un número impar y el polo sur orientado hacia el carril conductor 3 si i es un número par. Según otra realización, todos los imanes tienen su polo Norte mirando hacia el rail conductor 3 cuando están a dicha distancia más cercana del rail conductor 3. Según otra realización, todos los imanes tienen su polo sur mirando hacia el rail conductor 3 cuando están en dicha distancia más cercana al carril conductor 3. Por consiguiente, un área de detección de cada uno de los sensores de flujo magnético 51, 52 está dispuesta preferentemente perpendicular al campo magnético B y, por lo tanto, paralela a dicha superficie del carril conductor 3 con el fin de maximizar los efectos de la Ley de Lenz sobre el carril conductor 3. En el momento T_i , el plano A es preferentemente perpendicular a dicha superficie del carril conductor 3. Para aislar la variable de velocidad anulando la contribución del campo magnético de

la fuerza del imán, la distancia de separación, la posición relativa y la conductividad del rail, la presente invención propone en particular un muestreo del flujo magnético recíproco BR1 y BR2, respectivamente, por el primer sensor de flujo magnético 51 y por el segundo sensor de flujo magnético 52 solo en el momento T_i y T_{-i} , es decir, cuando el plano A de simetría del campo magnético B se convierte en el plano de simetría del primer y segundo sensores de flujo magnético 51, 52, o en otras palabras, si dicho plano de simetría A pasa a través del centro del imán 41, cuando dicho centro del imán está a la misma distancia del primer sensor de flujo magnético y del segundo sensor de flujo magnético. La construcción simétrica del sistema según la invención en el momento T_i mejora mucho la determinación de la velocidad del vehículo guiado 2.

Preferentemente, el controlador 6 está configurado para restar el valor del campo magnético medido por el primer sensor de flujo magnético 51 del valor del campo magnético medido por el segundo sensor de flujo magnético 52. De hecho, incluso si el efecto Lenz se compensa completamente con la rotación de la rueda giratoria 42, el campo magnético detectado por cada uno de los primer y segundo sensores de flujo magnético será distinto de cero en el momento T_i debido al campo magnético del propio imán M_i . Como se ilustra en la Fig. 3, vamos a llamar B1, respectivamente B2, al campo magnético debido exclusiva y directamente al imán 41 que se mide por el primer sensor de flujo magnético 51, respectivamente el segundo sensor de flujo magnético 52. B1 y B2 corresponden al campo magnético medido a velocidad cero del vehículo cuando el imán 41 está en su posición que es la más cercana posible al rail conductor 3, o también cuando la velocidad del vehículo no es cero, pero el efecto de Lenz se compensa con la rotación de la rueda giratoria 42. Como el primer sensor de flujo magnético 51 es idéntico al segundo sensor de flujo magnético 52, y el muestreo se realiza en el momento T_i , en el cual, los primero y segundo sensores de flujo magnético están dispuestos simétricamente con respecto plano A, el mismo flujo de campo magnético se mide con el primer y segundo sensor de flujo magnético, es decir, la medición de B1 mediante el primer sensor de flujo magnético será igual a la medición de B2 por el segundo sensor de flujo magnético en magnitud y dirección. Al restar el valor del campo magnético medido por el primer sensor de flujo magnético 51 del valor del campo magnético medido por el segundo sensor de flujo magnético 52 (es decir, "B1 menos B2") se obtendrá una medición del campo magnético en la que el valor o efecto del campo magnético del propio imán ha sido cancelado o suprimido. Si el vehículo guiado está parado, el valor resultante obtenido por el controlador sería, por ejemplo, cero. En otras palabras, los efectos magnéticos medibles distintos del efecto de Lenz se anulan matemáticamente mediante la resta implementada por el controlador 6. Ventajosamente, esta cancelación también es efectiva con independencia de factores externos y condiciones ambientales cambiantes.

Como se explica por medio de la Fig. 1, el efecto de Lenz creado por las corrientes de Foucault muestra diferentes direcciones del campo magnético en el borde delantero del imán en movimiento 41 con respecto al borde posterior. De hecho, el campo magnético recíproco BR1 y el campo magnético recíproco BR2 son iguales en magnitud, pero opuestos en dirección. Ventajosamente, el muestreo del campo magnético por el primer y segundo sensores de campo magnético en el momento T_i y la resta de los valores medidos correspondientes mejora aún más la detección de los campos magnéticos recíprocos BR1 y BR2 al sumar sus magnitudes, mejorando así su cancelación por un ajuste de precisión de la velocidad angular de la rueda giratoria 42 por medio del controlador 6. De hecho, el primer sensor de flujo magnético 51 y el segundo sensor de flujo magnético 52 medirán en dicho momento T_i un campo magnético de Lenz idéntico, pero con dirección diferente (es decir, $|\overline{BR1}(T_i)| = |\overline{BR2}(T_i)|$ con $\overline{BR1}(T_i) = -\overline{BR2}(T_i)$). Como se explicó anteriormente, cuando el controlador 6 resta las muestras de medición del primer sensor de flujo magnético del segundo sensor de flujo magnético, dicha resta da como resultado una suma de las magnitudes de BR1 y BR2. Dicha resta mejora así la detección de los campos magnéticos bajos de Lenz, al sumar los valores del campo magnético de Lenz medidos por los primer y segundo sensores de flujo magnético 51 y 52.

El presente método de medición mediante la resta de los valores de flujo magnético del primer sensor de flujo magnético del segundo sensor de flujo magnético asegura que una vez que el bucle de retroalimentación para el control de la velocidad angular de la rueda giratoria se eleva a una velocidad angular que compensa la medida detectada de densidad de flujo magnético, entonces la velocidad angular de la rueda corresponderá a la velocidad lineal del vehículo guiado. Ventajosamente, incluso si hay algunos cambios en la fuerza del campo magnético, las inclinaciones del vehículo guiado, las vibraciones del espacio o los cambios de la conductividad del rail en algún momento, la configuración actual asegurará que el bucle de retroalimentación no cambie la velocidad angular de la rueda giratoria. De hecho, la configuración actual cancela automáticamente estos cambios y, por lo tanto, ninguna otra velocidad angular posible para la rueda giratoria hará que la densidad de flujo medida sea menor que para una velocidad angular actual.

Preferentemente, el sistema según la invención puede realizar una auto-calibración para compensar las diferencias en la medición entre el primer y el segundo sensor de flujo magnético cuando el vehículo guiado está parado colocando automáticamente uno de los imanes 41 en su posición que está a la distancia más cercana del rail conductor 3, realizando mediciones de calibración por medio del primer y segundo sensores de flujo magnético 51 y 52, y calculando automáticamente un parámetro de compensación por medio del controlador 6 para asegurar lecturas idénticas para el primero y el segundo sensores de flujo magnético 51 y 52.

Según otra realización, en lugar de tener un sensor de flujo magnético fijo como se muestra en la Fig. 2-3, cada imán del soporte, por ejemplo de la rueda giratoria, está acoplado a un par de sensores de flujo magnético que constan,

como se ha descrito anteriormente, de un primer sensor de flujo magnético y un segundo sensor de flujo magnético que son idénticos y están dispuestos simétricamente con respecto al plano A de simetría del campo magnético B del imán con el que está acoplado. En este caso, el par de sensores de flujo magnético gira junto con el imán con el que están acoplados. Como antes, el muestreo se realiza cuando el imán está en una posición que se encuentra a la distancia más cercana al rail conductor 3. Según esta disposición, se puede realizar una calibración y compensación continua. De hecho, al acoplar un par de sensores de flujo magnético a cada imán de la rueda giratoria 42, los sensores de flujo magnético ya no están fijos como era el caso en la Fig. 2-3, y es posible tomar mediciones de muestreo adicionales del flujo magnético medido por dicho par de sensores magnéticos en posiciones distintas a dicha posición que se encuentra a la distancia más cercana del rail conductor 3, por ejemplo, en una posición donde el imán está lo suficientemente lejos del rail conductor 3 para no inducir corrientes de Foucault medibles. En este caso, las mediciones del campo magnético realizadas por los sensores de flujo magnético para tales posiciones se deben esencialmente al campo magnético del imán mismo y no a ningún campo magnético recíproco inducido por las corrientes de Foucault. De forma similar al método descrito anteriormente para la calibración, las lecturas del primer y segundo sensores de flujo magnético deben de ser iguales y el controlador está configurado para calcular cualquier parámetro de compensación para igualar dichas lecturas.

Según la presente invención, el sistema 1 está montado a bordo del vehículo guiado 2 que se mueve sobre el carril conductor 3. Siempre que la rueda giratoria 42 esté alineada con cualquier borde del carril conductor 3, la presente invención propone diferentes configuraciones posibles para dicha rueda giratoria 42. Como se ilustra en la Fig. 2-3, la rueda giratoria 42 se encuentra sustancialmente en un plano vertical y está orientada a una superficie superior del rail conductor 3. Según otra configuración, dicha rueda giratoria 42 puede estar sustancialmente en un plano horizontal, mirando por lo tanto una superficie lateral del rail conductor 3. En ambos casos, la rueda giratoria 42 y sus imanes están dispuestos de modo que tenga el plano A de simetría del campo magnético de dichos imanes sustancialmente perpendicular a la dirección de extensión R del carril conductor 3 en el momento T_i .

Según las encarnaciones anteriores ilustradas en las Fig. 2-4, el dispositivo 4 estaba especialmente configurado para desplazar dicho campo magnético B al menos en dicho momento T_i por medio de un movimiento giratorio del imán 41. La Figura 5 presenta esquemáticamente otra realización preferente según la invención, en el que el campo magnético B se traslada en función del momento T según un vector de velocidad \vec{V} que es opuesto al vector de velocidad \vec{S} que caracteriza el desplazamiento del vehículo guiado. Según la realización de la figura 5, el controlador 6 está configurado de manera preferencial para controlar una pluralidad de electroimanes idénticos 41 del dispositivo 4, de modo que el campo magnético B generado por dicha pluralidad de imanes 41 se traslada de acuerdo con dicho vector de velocidad \vec{V} opuesto en dirección al vector de velocidad \vec{S} , la magnitud del vector de velocidad \vec{V} está controlada por el controlador 6 en función de las mediciones del campo magnético por medio de un sensor de flujo magnético que comprende preferentemente un par de sensores de flujo magnético idénticos, respectivamente un primer sensor de flujo magnético 51 y un segundo sensor de flujo magnético 52, en los que cada electroimán 41 está asociado o acoplado a uno de dicho par de sensores de flujo magnético idénticos. Dichos electroimanes se alinean preferentemente lado a lado entre sí de acuerdo con una dirección paralela a la dirección de extensión R del rail conductor 3 cuando el sistema según la invención está montado a bordo del vehículo guiado. Cada electroimán 41 está orientado a una superficie del rail conductor, por ejemplo, una superficie superior o una superficie lateral, de modo que su campo magnético se dirige perpendicularmente a dicha superficie del rail conductor 3, orientándose cada electroimán para producir un campo magnético que es paralelo a la salida del campo magnético de sus electroimanes vecinos.

Los principios de funcionamiento de la presente realización son los mismos que antes, es decir, cada electroimán M_i , $i=1, N$, con N como número de electroimanes, está configurado para generar un campo magnético idéntico en un momento T_i que es simétrico con respecto a un plano A de simetría, los primer y segundo sensores de flujo magnético están dispuestos simétricamente con respecto a dicho plano A. El controlador 6 está configurado, además, para controlar los electroimanes de manera que se genere un campo magnético B para el dispositivo 4 cuya intensidad tiene una forma de onda o un pulso P en función de la posición (véase el gráfico de la Fig. 5), dicho pulso u onda se controla por el controlador 6 para moverse en función del momento en una dirección opuesta a la dirección de desplazamiento del vehículo guiado y a una velocidad V que está ajustada por el controlador 6 con el fin de minimizar el campo magnético obtenido por la resta del campo magnético medido por el segundo sensor de campo magnético del campo magnético medido por el primer sensor de flujo magnético en el momento T_i para el electroimán M_i , en el que en dicho momento T_i , dicho pulso u onda es simétrico con respecto al plano A de simetría del campo magnético del electroimán M_i . Según esta otra realización, el controlador 6 controla así los electroimanes M_i , de modo que generan una sucesión de ondas o pulsos, por ejemplo, modificando la intensidad del campo magnético generado por dichos electroimanes en función del momento, siendo controlados dichos electroimanes por el controlador para desplazar dicha onda o pulso P en función del momento, de modo que la posición de la onda con respecto a la posición del rail conductor 3 permanezca igual en función del momento, de modo que el rail conductor 3 no se ve afectado por un cambio del campo magnético. El proceso de muestreo se realiza en cada momento T_i en el que dicho pulso u onda se dispone simétricamente en comparación con el plano A de un electroimán M_i mediante la recopilación de los valores del campo magnético medidos por el primer y segundo sensor de flujo magnético asociados o acoplados al electroimán M_i , en el que preferentemente se genera otra onda o pulso antes de que la onda o el pulso anterior alcance el último detector de flujo magnético cambiando su posición en función del momento. El bucle de retroalimentación

5 implementado por el controlador es el mismo que se describió anteriormente para ajustar la velocidad V a la cual la onda o el pulso se traslada en función del momento, utilizando en particular la resta de las señales para mejorar la detección de los campos magnéticos recíprocos inducidos en el carril conductor 3. El campo magnético generado por dicha pluralidad de electroimanes, es decir, dicha onda, está, por lo tanto, inmóvil temporalmente en una referencia del carril conductor (3).

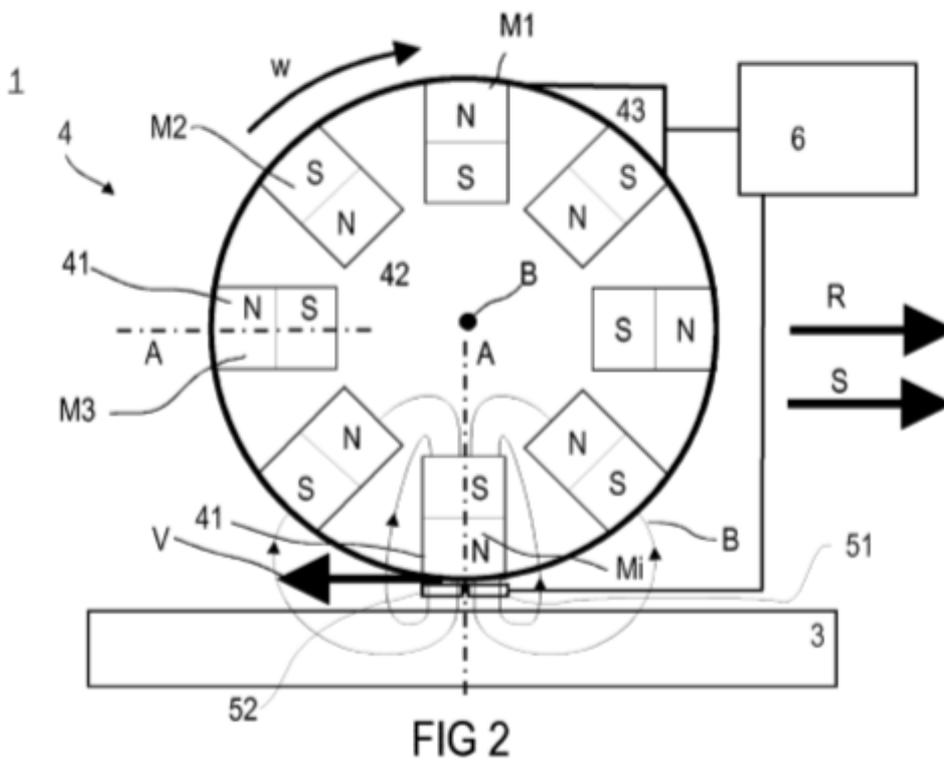
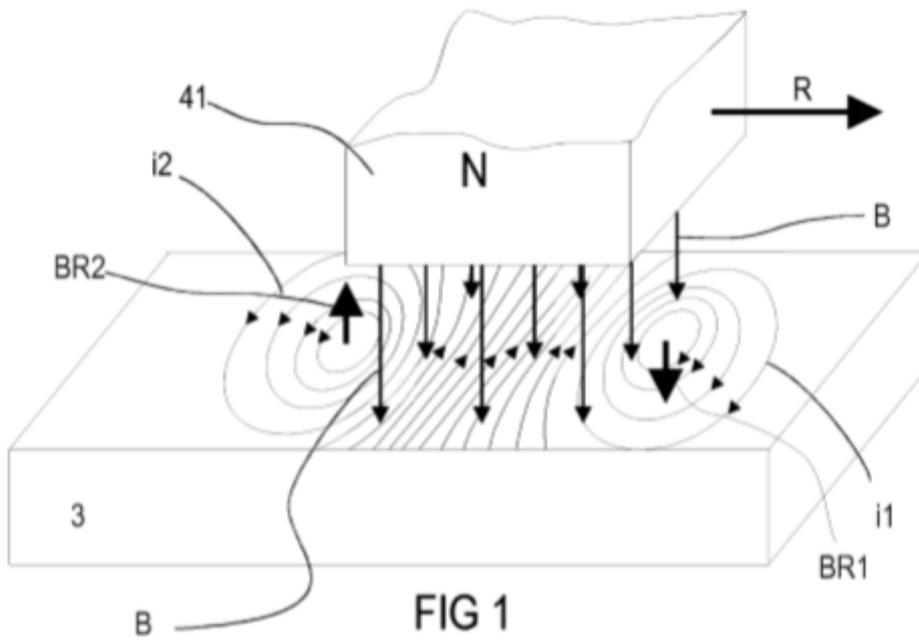
Finalmente, la presente invención presenta las siguientes ventajas adicionales en comparación con las técnicas existentes de la técnica anterior:

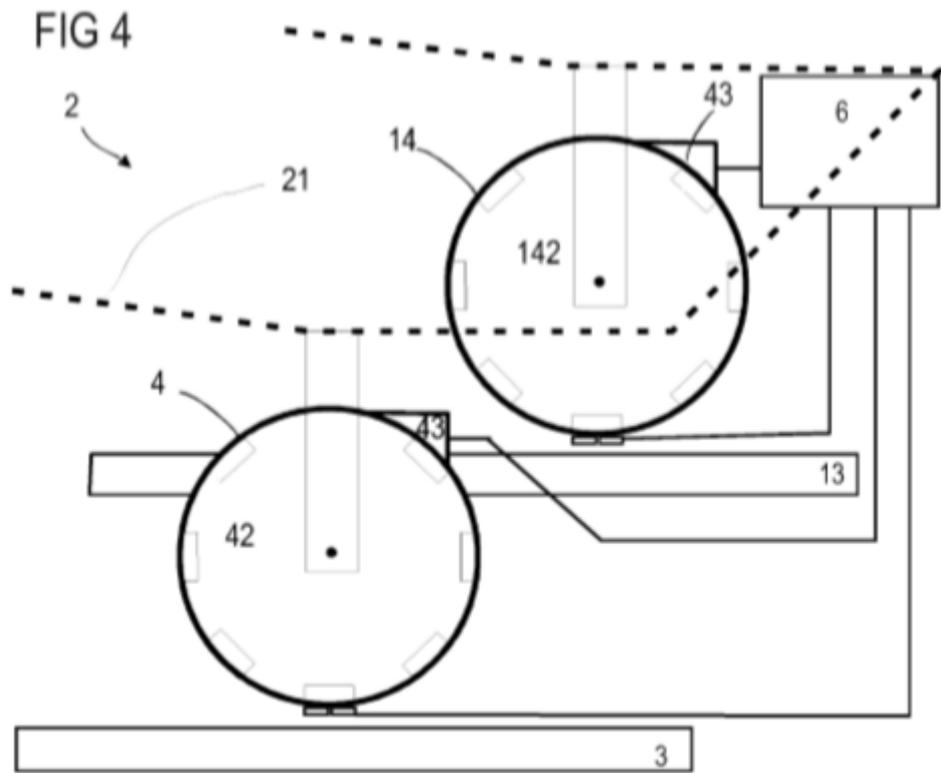
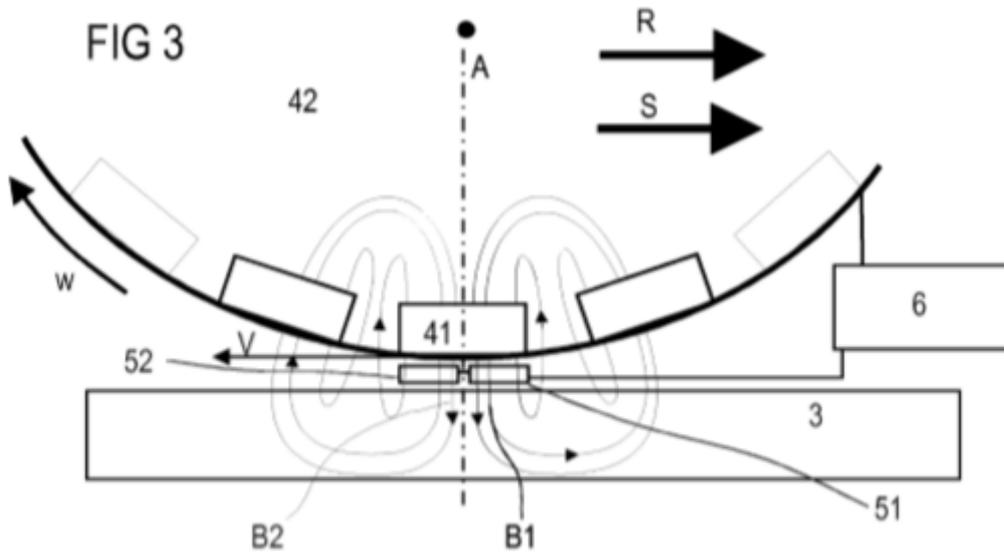
- 10
- no se ve afectado por sucesos de patinaje / deslizamiento de las ruedas de soporte de un vehículo guiado;
 - puede detectar velocidades cercanas a cero, lo cual es un problema para el odómetro basado en el sistema de radar;
 - es insensible a condiciones climáticas fuertes como la nieve o el granizo.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (1) para determinar la velocidad S de un vehículo guiado (2) guiado a lo largo de una ruta por al menos un rail conductor (3) que se extiende según su longitud a lo largo de una dirección R , el sistema (1) comprende:
- 5
- un dispositivo (4) para producir un campo magnético B capaz de inducir corrientes de Foucault en el rail conductor (3), dicho dispositivo (4) es capaz de desplazar el campo magnético B en un momento T_i en función de un vector de velocidad \vec{v} que es paralelo a la dirección R de extensión del rail conductor (3);
 - un sensor de flujo magnético configurado para medir un campo magnético recíproco resultante de las corrientes de Foucault creadas en el rail conductor (3) por el campo magnético B ;
 - 10 - un controlador conectado al dispositivo (4) y al sensor de flujo magnético para controlar la magnitud del vector de velocidad \vec{v} y su dirección en dicho momento T_i en función de un valor del campo magnético recíproco medido por dicho sensor de flujo magnético, estando configurado el controlador para controlar dicha magnitud y dirección del vector de velocidad \vec{v} de modo que en dicho momento T_i , el campo magnético recíproco medido por el sensor de flujo magnético se minimice, lo que da lugar a $S = |\vec{v}|$.
2. Sistema (1) según la reivindicación 1, en el que el campo magnético B es homogéneo y comprende un plano A de simetría que divide el campo magnético B en dos partes, respectivamente un primer campo magnético $B1$ y un segundo campo magnético $B2$ que son idénticos y simétricos con respecto al plano A , en el que el dispositivo (4) está configurado para desplazar dicho campo magnético B de manera que dicho plano A es sustancialmente perpendicular a la dirección de extensión R del rail conductor en dicho momento T_i .
- 15
3. Sistema (1) según la reivindicación 2, en el que el sensor de flujo magnético comprende al menos un par de sensores de flujo magnético idénticos, respectivamente, un primer sensor de flujo magnético (51) situado en una posición que está en un lado del plano A en el momento T_i , y un segundo sensor de flujo magnético (52) situado en una posición que se encuentra en el otro lado de dicho plano A en dicho momento T_i , dispuestos simétricamente entre sí con respecto al plano A , en el que el primer sensor de flujo magnético (51) está configurado para medir un primer campo magnético recíproco ($BR1$) resultante de las corrientes de Foucault creadas en el rail conductor (3) por el primer campo magnético $B1$ situado en dicho lado del plano A , y el segundo sensor de flujo magnético (52) está configurado para medir un segundo campo magnético recíproco ($BR2$) resultante de las corrientes de Foucault creadas en el rail conductor (3) por el segundo campo magnético $B2$ situado en dicho otro lado del plano A .
- 20
4. Sistema (1) según la reivindicación 3, en el que dicho controlador (6) está configurado para controlar el desplazamiento del campo magnético B proporcionado por el dispositivo (4) ajustando la magnitud del vector de velocidad \vec{v} en función del primer y segundo campos magnéticos recíprocos ($BR1$, $BR2$) medidos por dicho par de sensores de flujo magnético idénticos (51, 52) para minimizar valores de campo magnético medidos por dicho par de sensores de flujo magnético idénticos.
- 25
5. Sistema (1) según la reivindicación 3 o 4, en el que dicho controlador (6) está configurado para restar el valor del campo magnético medido por el primer sensor de flujo magnético (51) del valor del campo magnético medido por el segundo sensor de flujo magnético (52) y controlar el desplazamiento del campo magnético B ajustando la magnitud del vector de velocidad \vec{v} para minimizar el resultado obtenido de dicha resta.
- 30
6. Sistema (1) según las reivindicaciones 1-5, en el que dicho dispositivo (4) comprende una rueda giratoria (42) y un motor (43) para hacer girar la rueda giratoria (42), imanes (41) que están dispuestos alrededor de la circunferencia de la rueda giratoria (42) y el controlador (6) que controla dicho motor (43) para ajustar la magnitud del vector de velocidad \vec{v} .
- 35
7. Sistema (1) según la reivindicación 6, en el que el sensor de flujo magnético está situado en un espacio entre la rueda giratoria (42) y el rail conductor (3) para medir los campos magnéticos recíprocos generados dentro del rail conductor (3) cuando un imán (41) de la rueda giratoria (42) pasa a una posición que se encuentra a la distancia más cercana del rail conductor (3).
- 40
8. Sistema (1) según las reivindicaciones 1-5, en el que dicho dispositivo (4) comprende una pluralidad de electroimanes idénticos (41) montados lado a lado y alineados entre sí según una dirección que es paralela a la dirección R de extensión del rail conductor (3).
- 45
9. Método para determinar la velocidad S del vehículo guiado (2) guiado a lo largo de una ruta por al menos un rail conductor (3) que se extiende según su longitud a lo largo de una dirección R , el método comprende:

- la producción de un campo magnético B capaz de inducir corrientes de Foucault en el rail conductor (3);
 - medir un campo magnético recíproco resultante de las corrientes de Foucault creadas en el rail conductor por el campo magnético B;
- 5 – el desplazamiento en un momento T_i el campo magnético B según un vector de velocidad \vec{v} que es paralelo a la dirección R de extensión del rail conductor (3), en el que la magnitud y la dirección del vector de velocidad \vec{v} en dicho momento T_i se controla mediante un controlador (6) en función de un valor del campo magnético recíproco medido de modo que en dicho momento T_i , el campo magnético recíproco medido se minimice, lo que da lugar a $S = |\vec{v}|$.
10. Método según la reivindicación 9, en el que el campo magnético B es homogéneo y comprende un plano A de simetría que divide el campo magnético B en dos partes, respectivamente un primer campo magnético B1 y un segundo campo magnético B2 que son idénticos y simétricos con respecto al plano A.
11. Método según la reivindicación 10, que comprende usar un par de sensores de flujo magnético idénticos, respectivamente, un primer sensor de flujo magnético (51) situado en una posición que está en un lado del plano A en el momento T_i , y un segundo sensor de flujo magnético (52) situado en una posición que está en el otro lado de dicho plano A en dicho momento T_i , dispuestos simétricamente entre sí con respecto al plano A, en el que el primer sensor de flujo magnético (51) está configurado para medir un primer campo magnético recíproco (BR1) resultante de las corrientes de Foucault creadas en el rail conductor (3) por el primer campo magnético B1 situado en dicho lado del plano A, y el segundo sensor de flujo magnético (52) está configurado para medir un segundo campo magnético recíproco (BR2) resultante de las corrientes de Foucault creadas en el rail conductor (3) por el segundo campo magnético B2 situado en dicho otro lado del plano A.
12. Método según la reivindicación 11, que comprende controlar el desplazamiento del campo magnético B ajustando la magnitud del vector de velocidad \vec{v} en función del primer y segundo campos magnéticos recíprocos (BR1, BR2) medidos por dicho par de sensores de flujo magnético idénticos (51, 52).
13. Método según la reivindicación 11 o 12, que comprende restar el valor del campo magnético medido por el primer sensor de flujo magnético (51) del valor del campo magnético medido por el segundo sensor de flujo magnético (52) y controlar el desplazamiento del campo magnético B mediante el ajuste de la magnitud del vector de velocidad \vec{v} para minimizar el resultado obtenido de dicha resta.
14. Método según una de las reivindicaciones 9 a 13, que comprende desplazar el campo magnético B haciendo girar una rueda giratoria (42) que comprende imanes, en el que la rotación de dicha rueda giratoria (42) está controlada por un controlador (6) en función de los valores de campo magnético medidos por un sensor de flujo magnético.
15. Método según una de las reivindicaciones 9 a 13, que comprende desplazar dicho campo magnético B controlando una pluralidad de electroimanes idénticos (41) montados lado a lado y alineados entre sí según una dirección que es paralela a la dirección R de extensión del rail conductor (3) para crear un campo magnético estacionario temporal con respecto al rail conductor (3).





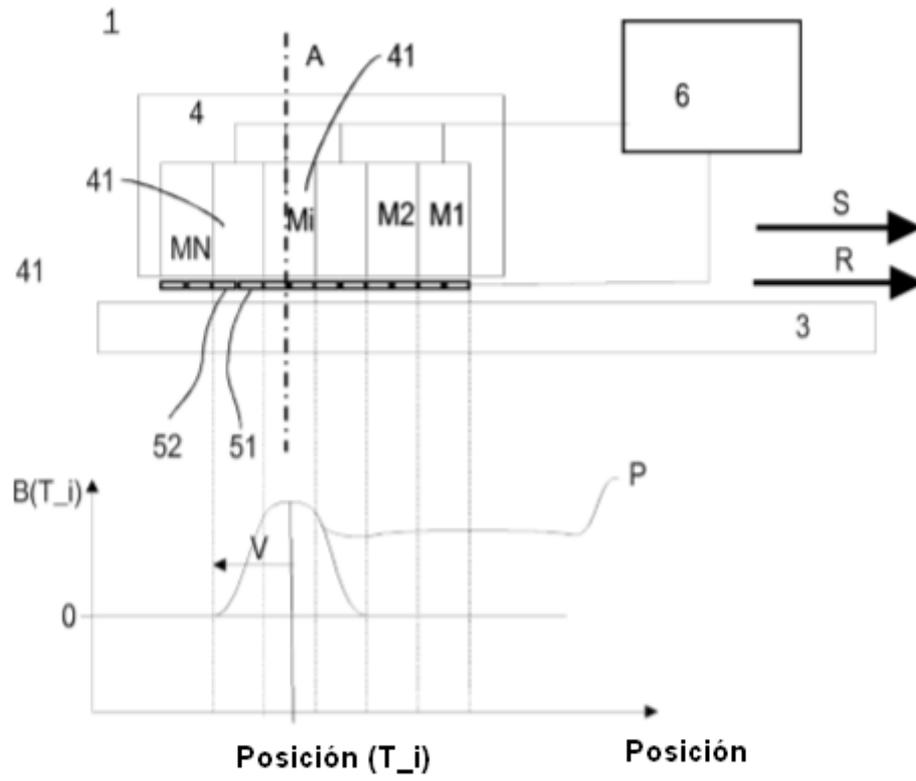


FIG 5