

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **3 020 519**

(51) Int. Cl.:

B61L 25/02 (2006.01)

B61L 15/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2023 E 23162540 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025 EP 4431365**

(54) Título: **Codificador rotatorio para la detección de defectos así como tren con un codificador rotatorio**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.05.2025

(73) Titular/es:

**BAUMER ELECTRIC AG (100.00%)
Hummelstrasse 17
8500 Frauenfeld, CH**

(72) Inventor/es:

**HOHL, MICHAEL;
ITIN, LUKAS y
HARTMANN, MARC BO**

(74) Agente/Representante:

MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia

ES 3 020 519 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

Codificador rotatorio para la detección de defectos así como tren con un codificador rotatorio

- 5 La presente invención se refiere a un codificador rotatorio para una rueda de carril giratoria.

Además, la presente invención se refiere a un tren según la reivindicación 12.

- 10 Los codificadores rotatorios para detectar un movimiento rotacional de una rueda de carril que puede girar sobre una sección de carril son bien conocidos, por ejemplo, por el documento US 2012/259487 A1.

Dichos codificadores rotatorios se utilizan para detectar un movimiento rotatorio de la rueda de carril o de un eje de rueda que comprende dos ruedas de carril y generar una señal de posición de rotación analógica o digital que representa el movimiento rotatorio de la rueda de carril. Además de la velocidad de rotación de la rueda de carril monitorizada, a partir de la señal de posición de rotación también puede determinarse la dirección de rotación así como la aceleración de rotación que actúa sobre la rueda de carril en tiempo real. La señal de posición de rotación a menudo se introduce en un bucle de control para influir específicamente en el movimiento rotacional a través de una unidad de accionamiento según una especificación de punto de ajuste.

- 20 Una desventaja de los codificadores rotatorios conocidos es que no pueden detectarse defectos en la rueda de carril y/o en la sección de carril, por lo que las ruedas de carril deben medirse en un banco de pruebas utilizando una tecnología de medición separada.

25 Por tanto, el objetivo de la presente invención es superar las desventajas conocidas por el estado de la técnica. En particular, el objetivo de la presente invención es proporcionar un codificador rotatorio que, además de detectar exclusivamente un movimiento rotatorio de una rueda de carril que gira sobre una sección de carril, también puede emitir una declaración sobre el estado y/o condición de la rueda de carril y/o de la sección de carril. Además, el objetivo de la presente invención es también indicar un tren que comprenda un codificador rotatorio correspondiente para detectar el estado y/o la condición de una rueda de carril del tren y/o de una sección de carril sobre el que circula el tren, durante el funcionamiento giratorio de la rueda de carril, es decir, durante el funcionamiento de conducción del tren.

30 Este objetivo se soluciona mediante un codificador de carril con las características de la reivindicación 1. Además, el objetivo se soluciona mediante un tren con un codificador rotatorio de acuerdo con la invención.

35 Perfeccionamientos ventajosos de la invención están descritos en las reivindicaciones dependientes. El alcance de la invención incluye todas las combinaciones de al menos dos de las características divulgadas en la descripción, las reivindicaciones y/o las figuras.

- 40 La presente invención se refiere a un codificador rotatorio para detectar una aceleración que actúa sobre una rueda de carril independientemente de un posible movimiento rotacional de la rueda de carril, en particular sobre el centro de la rueda. En otras palabras, el codificador rotatorio está diseñado para detectar la aceleración que actúa sobre una rueda de carril independientemente de un movimiento rotacional de la rueda de carril sobre una sección de carril. Una aceleración de este tipo se genera en particular por una fuerza que actúa sobre la rueda del carril, que actúa en dirección vertical y/o a lo largo de la vertical y por consiguiente es orthogonal a una dirección horizontal y/o a la horizontal.

45 El codificador rotatorio de acuerdo con la invención comprende medios de detección de rotación que están diseñados y/o equipados de modo que pueda detectarse el movimiento rotacional de la rueda de carril y/o de un eje de rueda que comprende dos ruedas de carril mediante al menos una señal de posición de rotación.

50 Además, el codificador rotatorio de acuerdo con la invención comprende medios de detección de aceleración que están diseñados de modo que una aceleración que actúa sobre la rueda de carril independientemente del movimiento rotacional, que actúa preferiblemente sobre el centro de la rueda y de manera especialmente preferida en la dirección vertical, puede detectarse por al menos una señal de aceleración. En otras palabras, los medios de detección de aceleración están diseñados para detectar una fuerza que actúa en la dirección vertical y/o a lo largo de un eje vertical, que actúa sobre el centro de la rueda y da como resultado una aceleración del centro de la rueda en la dirección vertical.

- 55 60 Además, el codificador rotatorio de acuerdo con la invención comprende medios de detección de defectos que están diseñados de tal manera que la al menos una señal de aceleración puede monitorizarse en al menos una anomalía para detectar un defecto en la rueda de carril y/o en la sección de carril.

65 En el sentido de la presente invención, una anomalía puede formarse por un pico de señal transitorio, es decir, una desviación de señal de corta duración, en la señal de aceleración. Una anomalía también puede ser causada por un aumento positivo y/o negativo de la amplitud de la señal de aceleración y/o por una aceleración dirigida y/o pulsada.

Además, en el caso de una anomalía puede tratarse de un único pico de señal o varios picos de señal, en particular de alta frecuencia y/o inmediatamente consecutivos.

- 5 Preferiblemente, los medios de detección de defectos para detectar una anomalía están equipados de tal manera que la señal de aceleración se detecta y/o evalúa a lo largo de varias revoluciones completas de la rueda de carril para detectar una anomalía en el desarrollo de la señal.
- 10 De manera especialmente preferida, los medios de detección de defectos están configurados para detectar una anomalía para el cálculo del promedio, para detectar valores de aceleración de la rueda de carril promediados a partir de la señal de aceleración y para reconocer una anomalía en los valores de aceleración promediados.
- 15 De manera muy especialmente preferente, los medios de detección de defectos están configurados para detectar una anomalía de modo que se monitoricen los valores de aceleración o los valores de aceleración promediados para detectar si superan un valor umbral. El valor umbral puede ser un valor estático que puede especificarse manualmente en función de valores empíricos. Como alternativa, el valor umbral también se puede formar dinámicamente, por ejemplo para conseguir una evaluación del pico de señal con respecto al desarrollo anterior de la señal de aceleración, en particular mediante un cálculo del promedio.
- 20 La señal de posición de rotación representa el movimiento rotacional de la rueda de carril y/o codifica preferiblemente, en particular en conexión con un codificador rotatorio absoluto con medios de detección de rotación absolutos, un intervalo parcial de ángulo rotacional en contacto con la sección de carril en función de una base de tiempo y/o un generador de ciclo. La rueda de carril está dividida preferiblemente en una pluralidad de intervalos parciales de ángulo de rotación.
- 25 La señal de posición de rotación, que puede generarse por medio de los medios de detección de rotación, está diseñada preferiblemente como una señal analógica o como una señal digital. De forma especialmente preferida, la señal de posición de rotación codifica y/o describe una pluralidad de posiciones de rotación de la rueda de carril.
- 30 Mediante una derivada temporal puede formarse una señal de velocidad de la rueda de carril a partir de la señal de posición de rotación. Mediante una derivada de la señal de velocidad puede generarse una señal de aceleración de la rueda de carril, en donde esta señal de aceleración y rotación se refiere al movimiento de rotación de la rueda de carril y por consiguiente actúa en particular de forma esencialmente independiente de la señal de aceleración que puede detectarse mediante los medios de detección de aceleración de acuerdo con la invención.
- 35 La señal de posición de rotación se evalúa preferiblemente para monitorizar el movimiento rotacional de la rueda de carril. Además de monitorizar exclusivamente el movimiento rotacional, la señal de posición de rotación también puede utilizarse como variable de entrada de un bucle de control para influir en el movimiento rotacional de la rueda de carril según una especificación de valor teórico a través de una unidad de accionamiento. Se prefiere especialmente además que la señal de posición de rotación esté configurada en forma de dos señales rectangulares, en donde puede determinarse la velocidad rotacional y la dirección de rotación de la rueda de carril a partir de la frecuencia y la posición de fase de estas señales rectangulares.
- 45 Los medios de detección de aceleración están conectados operativamente a la rueda de carril y/o al eje de la rueda, en donde en un estado de funcionamiento giratorio de la rueda de carril, es decir, en un estado en el que la rueda de carril gira sobre la sección de carril a cualquier velocidad rotacional distinta de cero, el movimiento rotacional de la rueda de carril no tiene un efecto directo sobre una aceleración que actúa en la dirección vertical, que puede detectarse por medio de los medios de detección de aceleración. Preferiblemente, los medios de detección de aceleración están montados por consiguiente de manera esencialmente estacionaria sobre una unidad portadora, en particular una carcasa de cojinete de rueda.
- 50 50 En el caso del defecto que se detecta en la rueda de carril mediante la evaluación de la señal de aceleración en el contexto de la presente invención puede tratarse de un punto plano en la rueda de carril.
- 55 Un defecto en la sección de carril puede estar formado por un desplazamiento horizontal y/o vertical entre dos elementos de carril, que juntos forman la sección de carril. Un defecto de este tipo en la sección de carril se denomina en la presente invención unión de carril y/o transición de carril.
- 60 En un desarrollo adicional se prevé que los medios de detección de rotación y los medios de detección de aceleración estén conectados operativamente entre sí de modo que un valor de aceleración de la señal de aceleración pueda asignarse a una posición de rotación de la señal de posición de rotación.
- 65 En otras palabras, los medios de detección de rotación y los medios de detección de aceleración comprenden un generador de ciclo y/o temporizador común, por lo que a cualquier valor de aceleración de la señal de aceleración puede asignarse una posición de rotación correspondiente de la señal de posición. Por consiguiente, puede registrarse y/o analizarse ventajosamente la aceleración que actúa sobre la rueda de carril en función de la posición de rotación de la rueda de carril.

- De acuerdo con un perfeccionamiento, los medios de detección de defectos comprenden medios de monitorización que están diseñados para evaluar la señal de aceleración en función de la señal de posición de rotación, de tal manera que un defecto fijo en posición de rotación puede detectarse como un punto plano en la rueda de carril y/o un defecto independiente de la posición de rotación puede detectarse como una unión de carril y/o una transición de carril en la sección de carril.
- Mediante la evaluación de la señal de aceleración en función de la señal de posición de rotación durante al menos dos revoluciones completas de la rueda de carril en el estado de funcionamiento giratorio, pueden especificarse con mayor precisión los defectos detectados por una anomalía en la señal de aceleración. Ventajosamente, mediante una evaluación de este tipo puede detectarse un defecto fijo en posición de rotación como defecto en la rueda de carril y por consiguiente como punto plano y un defecto independiente de la posición de rotación como defecto en la sección de carril y por consiguiente como unión de carril y/o transición de carril.
- En un perfeccionamiento de la presente invención, los medios de detección de defectos comprenden medios de análisis con varios elementos de suma, en donde el número de elementos de suma corresponde a un número predeterminable de intervalos parciales del ángulo de rotación para dividir la rueda de carril para la representación de una revolución completa, en particular de manera uniforme. Los medios de análisis para determinar la extensión de los puntos planos y para detectar un posible punto plano están diseñados de modo que en un estado de funcionamiento giratorio de la rueda del carril, es decir, en particular en un funcionamiento de conducción del tren, los valores de aceleración se asignan a un intervalo parcial del ángulo de rotación a través de la posición de rotación asignada y se añaden al elemento de suma correspondiente del intervalo parcial del ángulo de rotación para dar una suma.
- De este modo, mediante la evaluación de las sumas calculadas, en particular comparándolas con las sumas restantes de los intervalos parciales del ángulo de rotación restantes, puede determinarse de forma ventajosa por consiguiente la extensión de un punto plano en la rueda de carril para un intervalo parcial del ángulo de rotación determinado. Además, mediante la evaluación de las sumas, en particular comparándolas con las sumas restantes de los intervalos parciales del ángulo de rotación restantes, también puede detectarse la existencia de un punto plano en la rueda de carril.
- En el contexto de la presente invención se ha reconocido ventajosamente que, a medida que el punto plano en la rueda de carril se hace más pronunciado, los valores de aceleración que actúan en dirección vertical para las posiciones de rotación correspondientes también aumentan, por lo que la mayor suma de valores de aceleración puede formarse en los intervalos parciales del ángulo de rotación en los que se forma el punto plano y/o que contienen las posiciones de rotación correspondientes.
- La mayor suma de un intervalo parcial del ángulo de rotación siempre resulta en relación con todas las sumas de los intervalos parciales del ángulo de rotación restantes que representan completamente la rueda de carril. Además, es importante asegurarse de que las sumas que se comparan entre sí se hayan formado a través de un número idéntico de sumandos o se hayan promediado mediante el número de sumandos antes de la comparación.
- Un intervalo parcial del ángulo de rotación de la pluralidad de intervalos parciales del ángulo de rotación puede tener preferiblemente forma de trozo de tarta y/o abarcar un ángulo de preferiblemente 1° o $360/2^n$, en donde el exponente n es un número entero y mayor de cero, de manera especialmente preferida 2° , de manera muy especialmente preferente 4° . Como alternativa, la pluralidad de intervalos parciales del ángulo de rotación también puede ser de diferente tamaño, es decir, en cada caso puede abarcar un primer y al menos un segundo ángulo.
- Los valores de aceleración individuales, que se añaden continuamente al elemento de suma para dar una suma, también pueden ser negativos, en particular debido a la dispersión de la medición y/o al ruido de la medición, por lo que las cantidades de las sumas de los elementos de suma individuales no aumentan necesariamente de forma continua al añadir otros sumandos. En otras palabras, a medida que aumenta el número de revoluciones completas que se tienen en cuenta en la formación de las sumas individuales, las sumas no necesariamente aumentan de forma continua.
- Al evaluar las sumas calculadas para determinar la extensión del punto plano, se pueden tener en cuenta en particular las sumas de todos los elementos de suma. Cuando se detecta una suma con el valor más grande para un intervalo parcial del ángulo de rotación o para varios intervalos parciales del ángulo de rotación inmediatamente adyacentes, puede determinarse por consiguiente de manera ventajosa la extensión de un punto plano para este intervalo parcial del ángulo de rotación o para estos intervalos parciales del ángulo de rotación inmediatamente adyacentes.
- Además, se reconoció dentro del alcance de la presente invención que la relación o la diferencia entre la cantidad de la suma más grande y las cantidades de las sumas restantes se considera una medida para determinar la extensión del punto plano.

Con un número creciente de revoluciones completas, que se tienen en cuenta por los medios de análisis añadiendo los valores de aceleración detectados a las sumas de los elementos de suma, puede reducirse preferiblemente el riesgo de detección incorrecta de un punto plano, ya que en particular se filtran especialmente las irregularidades en la sección de carril.

- 5 En un desarrollo adicional se prevé que los medios de análisis para la determinación de la extensión y para una primera detección de un posible punto plano estén diseñados y/o dispuestos de tal manera que se determine la cantidad del valor medio de la suma respectiva de todos los elementos de suma, en particular la suma respectiva dividida por el número de sumandos sumados y la cantidad de los mismos, y se determine el valor medio más grande a partir de los valores medios de todos los elementos de suma.

10 En este contexto, se señala que este valor medio más grande se utiliza como medida de la extensión del posible punto plano y el intervalo parcial del ángulo de rotación asignado al valor medio más grande se registra y/o almacena como indicador para la primera detección del posible punto plano. Además, se proporciona preferiblemente que el valor medio más grande se emita como primera señal de salida. Ventajosamente, puede determinarse por consiguiente un valor de aceleración promedio en cada caso a partir de las sumas individuales.

15 En el contexto de un perfeccionamiento de la forma de realización mencionada anteriormente, los medios de análisis para una detección adicional están diseñados de modo que la dispersión, en particular la desviación estándar, se forma a través de varios indicadores registrados continuamente, en particular valores medios más grandes determinados previamente, en donde a una dispersión baja se asigna una alta probabilidad de ocurrencia y a una dispersión alta se asigna una baja probabilidad de ocurrencia como criterio para detectar un punto plano y en particular la probabilidad de ocurrencia se emite como una segunda señal de salida.

20 25 En este contexto, se prefiere especialmente cuando se utiliza un histograma y se asignan los valores de aceleración media a las posiciones de rotación, en donde se detectan anomalías y/o defectos, en particular puntos planos, mediante el análisis de la distribución característica del histograma, que se basa en la superposición constructiva de aumentos de amplitud periódicos de rotación y en la superposición destructiva de amplitudes aleatorias.

30 35 En el presente caso, los indicadores individuales, que en cada caso se calcularon promediando durante varias revoluciones completas, se vuelven a analizar y evaluar de tal manera que la dispersión, en particular la desviación estándar, se determina para un gran número de indicadores calculados uno tras otro. Ventajosamente, por consiguiente puede reducirse adicionalmente el riesgo de detección falsa cuando se detecta un punto plano.

40 45 50 Además, en un perfeccionamiento de la presente invención, los medios de análisis están diseñados para generar un indicador de mantenimiento de tal manera que el indicador de mantenimiento se forma a partir de la extensión, en particular el valor medio más grande previamente determinado, y la probabilidad de ocurrencia, en particular mediante multiplicación, para transmitir este indicador de mantenimiento, en particular mediante una tercera señal de salida, a una unidad de evaluación externa. Ventajosamente puede mejorarse más por consiguiente la extensión de un punto plano, ya que los defectos detectados debido a una sección de carril irregular no se reconocen como punto plano y/o solo se emiten como punto plano con una extensión baja.

55 60 65 En otra variante de realización preferida del codificador rotatorio de acuerdo con la invención, el codificador rotatorio comprende medios de calibración. Estos medios de calibración están diseñados de modo que en un estado de calibración, que puede activarse automáticamente en particular después de conectar el codificador rotatorio y/o después de detectar un estado de funcionamiento inactivo de la rueda de carril mediante una evaluación de la señal de posición de rotación, la orientación de montaje del codificador rotatorio, en particular un ángulo de montaje β del codificador rotatorio entre un eje de detección y un eje vertical, puede detectarse por medio de los medios de detección de aceleración detectando y evaluando la señal de aceleración para compensar la influencia del ángulo de montaje detectando la gravedad y/o la aceleración gravitatoria g sobre la señal de aceleración.

Por consiguiente, puede determinarse ventajosamente la influencia del ángulo de montaje, que depende de la orientación y/o del montaje, sobre los medios de detección de aceleración, para detectar por medio de los medios de detección de aceleración únicamente el componente de aceleración y/o de fuerza que actúa sobre el punto central de la rueda, que actúa en dirección vertical.

En otras palabras, mediante los medios de calibración pueden determinarse parámetros de calibración para los medios de detección de aceleración, que permiten la compensación de la señal de aceleración de tal manera que la señal de aceleración solo codifique y/o represente la aceleración que actúa en la dirección vertical y/o a lo largo del eje vertical. Por consiguiente, puede mejorarse ventajosamente la detección de un defecto en la rueda de carril y/o en la sección de carril.

En un desarrollo adicional se proporciona además que los medios de detección de aceleración estén diseñados de modo que la aceleración que actúa sobre la rueda de carril y/o sobre el eje de la rueda pueda detectarse de forma bidimensional o tridimensional, en particular a lo largo de un eje X e Y o a lo largo de un eje X, Y y Z, que en cada caso están alineados ortogonalmente entre sí, y/o que los medios de detección de aceleración estén diseñados

como un sensor de aceleración micromecánico y/o un MEMS.

La señal de aceleración está formada por consiguiente preferiblemente como un vector para codificar la aceleración que actúa sobre el centro de la rueda en diferentes direcciones.

- 5 En otra configuración preferida, el codificador rotatorio comprende una cinta métrica codificada magnética u óptica o mecánicamente, en donde los medios de detección de rotación están diseñados de modo que puede detectarse un movimiento relativo entre la cinta métrica, que puede estar fijada en particular a una circunferencia exterior del eje de la rueda, y los medios de detección de rotación, que pueden estar fijados en particular de forma esencialmente estacionaria al eje de la rueda y a una carcasa de la rueda, en donde la posición de rotación de puede representarse de manera continua o discreta mediante la señal de posición de rotación.

- 10 Una cinta métrica codificada mecánicamente está formada preferiblemente por una rueda dentada ferromagnética que está acoplada mecánicamente de forma rígida frente al giro a la rueda de carril o al eje de la rueda para detectar el movimiento de rotación a través de la rueda dentada.

- 15 Además, se proporciona como perfeccionamiento que el codificador rotatorio comprende medios de mantenimiento, en donde los medios de mantenimiento están diseñados de tal manera que cuando se detecta un defecto, en particular un punto plano en la rueda de carril y/o una unión de carril en la sección de carril, pueda generarse una señal de mantenimiento, que pueda transmitirse en particular a través de medios de comunicación a un centro de mantenimiento. En este contexto, es preferible transmitir no sólo la señal de mantenimiento, sino también información adicional sobre el defecto. En el caso de un punto plano, dicha información puede ser la posición de rotación y/o la extensión del punto plano y, en el caso de una unión de carril, la posición de la unión de carril en la sección de carril codificada por integración de la señal de posición.

- 20 25 Finalmente, en el contexto de la presente invención se reivindica también la protección de un tren con al menos un eje de rueda que comprende dos ruedas de carril, en donde el tren y/o el eje de rueda comprenden al menos un codificador rotatorio de acuerdo con la invención para monitorizar el movimiento rotacional de una rueda de carril.

- 30 A continuación, se explica en más detalle la invención a modo de ejemplo con referencia a los dibujos. La combinación de características representada a modo de ejemplo en las formas de realización mostradas puede complementarse con características adicionales de acuerdo con las afirmaciones anteriores de acuerdo con las propiedades de la unidad de sensor de acuerdo con la invención requeridas para una aplicación específica. Además, de acuerdo con las afirmaciones anteriores, se pueden omitir características individuales de las formas de realización descritas si el efecto de esta característica no es importante en una aplicación específica.

35 En los dibujos, los elementos con la misma función y/o la misma estructura se designan con el mismo símbolo de referencia.

- 40 Se muestra:

- 45 En la figura 1 una representación esquemática de un codificador rotatorio de acuerdo con la invención de acuerdo con un primer ejemplo de realización.
- 50 En la figura 2 un diagrama de bloques esquemático del codificador rotatorio de acuerdo con la invención de acuerdo con un segundo ejemplo de realización.
- 55 En la figura 3 un diagrama de bloques esquemático del codificador rotatorio de acuerdo con la invención de acuerdo con un tercer ejemplo de realización.
- 60 En la figura 4 un desarrollo a modo de ejemplo de la señal de aceleración.
- 65 En la figura 5 una representación esquemática del codificador rotatorio de acuerdo con la invención en el estado montado sobre un eje de rueda de un chasis, en
- En la figura 6a/b una representación esquemática para ilustrar un defecto en la sección de carril.
- En la figura 7a/b una representación esquemática para ilustrar un defecto y/o punto plano en la rueda de carril.
- La figura 1 muestra una representación esquemática de un codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención de acuerdo con un primer ejemplo de realización preferido.

65 El codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención está diseñado para detectar una aceleración B_y que actúa sobre el centro de la rueda M independientemente del movimiento rotacional R de la rueda de carril 3 y que está alineado a lo largo de la dirección vertical V y/o en paralelo a un eje vertical V .

- El codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención comprende inicialmente medios de detección de rotación 4 convencionales, que están diseñados de modo que el movimiento rotacional y/o de giro R de la rueda de carril 3 y/o el movimiento rotacional de un eje de rueda, que comprende dos ruedas de carril 3, puedan detectarse y puedan codificarse y/o representarse mediante al menos una señal de posición de rotación P(t).
- 5 Además, el codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención comprende medios de detección de aceleración 5, que están diseñados de tal manera que una aceleración que actúa sobre la rueda de carril 3, es decir, en particular sobre el centro de la rueda M de la rueda de carril 3, independientemente del movimiento rotacional, pueda detectarse y pueda representarse mediante al menos una señal de aceleración.
- 10 Además, el codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención comprende medios de detección de defectos 6, que están diseñados de tal manera que la al menos una señal de aceleración B_v(t) pueda monitorizarse en al menos una anomalía para detectar un defecto en la rueda de carril 3 y/o un defecto en la sección de carril 2.
- 15 En el caso de una anomalía de este tipo se trata preferiblemente de un pico de aceleración transitorio formado en el desarrollo de la señal de aceleración B_v(t), que actúa a lo largo de la dirección vertical V sobre el centro de la rueda M de la rueda de carril 3.
- 20 El codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención comprende además una cinta métrica 15 magnética, que está conectada operativamente a los medios de detección de rotación 4 para detectar el movimiento rotacional. Para ello, los medios de detección de rotación 4 están dispuestos de tal manera que puede detectarse un movimiento relativo entre la cinta métrica 15, que está fijada a una circunferencia exterior del eje de la rueda, y los medios de detección de rotación 4, que pueden estar fijados esencialmente de manera estacionaria al eje de la rueda y a una carcasa de la rueda, en donde la posición de rotación está representada de forma continua o discreta por la señal de posición de rotación y presenta un desarrollo en forma de dientes de sierra en un estado de funcionamiento giratorio de la rueda de carril 3, ya que la señal se incrementa de nuevo paso a paso desde cero después de completar una rotación completa, es decir, una rotación de 360°.
- 25 En la figura 2 está representado un diagrama de bloques muy esquemático de un codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención de acuerdo con una segunda variante de realización.
- 30 El codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención de acuerdo con la segunda forma de realización comprende, además de los medios de detección de rotación 4 ya mencionados en relación con el codificador rotatorio 1 conocido, los medios de detección de aceleración 5 y los medios de detección de defectos 6, adicionalmente medios de monitorización 7.
- 35 Los medios de monitorización 7, que están incluidos en los medios de detección de defectos 6, están diseñados para evaluar la señal de aceleración en función de la señal de posición de rotación. En el presente caso, los medios de detección de rotación 4 y los medios de detección de aceleración 5 comprenden un generador de ciclo común, de modo que el valor de aceleración correspondiente, es decir, detectado sincrónicamente en el tiempo a partir de la señal de aceleración, puede asignarse a una posición de rotación detectada de la señal de posición de rotación.
- 40 Por consiguiente, puede mejorarse ventajosamente aún más la detección de defectos, dado que mediante la comparación temporal entre la señal de aceleración y la señal de posición de rotación durante al menos dos revoluciones completas puede caracterizarse un defecto o bien como fijo en la posición rotacional o como independiente de la posición rotacional. Ventajosamente, cuando se detecta un defecto fijo en la posición de rotación, puede detectarse por consiguiente un punto plano formado en la rueda de carril 3, y cuando se detecta un defecto independiente de la posición de rotación puede detectarse el defecto como una unión de carril en la sección de carril 2.
- 45 En la figura 3 está representado un diagrama de bloques muy esquemático de otro codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención de acuerdo con una tercera variante de realización.
- 50 Esta forma de realización del codificador rotatorio 1 comprende además los medios de detección de rotación 4 ya conocidos, los medios de detección de aceleración 5 así como los medios de detección de defectos 6.
- 55 En el presente caso, los medios de detección de aceleración 5 están formados por un sensor de aceleración 14 micromecánico que puede detectar la aceleración que actúa sobre el centro de la rueda M en tres dimensiones, en donde en el presente caso como señal de aceleración se designa únicamente la aceleración que actúa en la dirección vertical V.
- 60 Además, este codificador rotatorio 1 comprende medios de análisis 8, que comprenden varios elementos de suma 9a-c. El número de elementos de suma 9a-c depende de un número predeterminable de intervalos parciales del ángulo de rotación 10a-c en forma de trozo de tarta, que dividen completamente la rueda de carril 3, en donde solo se muestran tres elementos de suma a modo de ejemplo en el diagrama de bloques.

- Además, los medios de análisis 8 están diseñados de modo que, en un estado de funcionamiento giratorio de la rueda de carril 3 sobre la sección de carril 2, los valores de aceleración de la señal de aceleración pueden asignarse a uno de los intervalos parciales del ángulo de rotación 10a-c a través de la posición de rotación temporalmente correspondiente de la señal de posición de rotación y se añaden al elemento de suma 9a-c correspondiente para dar una suma.
- Mediante la evaluación de las sumas individuales, en particular las formadas a lo largo de varias revoluciones completas, no solo puede detectarse un punto plano en la rueda de carril 3, sino que también puede hacerse una declaración sobre la extensión del punto plano en la rueda de carril 3.
- Los medios de análisis 8 están diseñados para determinar la extensión del punto plano y para la primera detección de un posible punto plano de tal manera que la cantidad del valor medio de la suma respectiva se forme a partir de todos los elementos de suma 9a-c.
- Luego, de todas las sumas, se selecciona la suma cuyo valor medio sea el más grande con respecto a los valores medios restantes, y este valor medio se emite como una medida para indicar la extensión del punto plano.
- Además, el intervalo parcial del ángulo de rotación asociado al valor medio más grande se emite como indicador para una primera detección, en particular preliminar, de un posible punto plano detectado junto con el valor medio más grande como primera señal de salida 11.
- Además, los medios de análisis 8 para la detección adicional están configurados preferiblemente de tal manera que se determine la dispersión a través de varios indicadores registrados de forma continua, en donde, como criterio para detectar un punto plano, a una dispersión baja se le asigna una alta probabilidad de ocurrencia y a una dispersión alta se le asigna una baja probabilidad de ocurrencia, en donde la probabilidad de ocurrencia se emite como una segunda señal de salida 11a.
- Además, los medios de análisis 8 para generar un indicador de mantenimiento están diseñados preferiblemente de tal manera que el indicador de mantenimiento se forma a partir de la extensión, en particular el valor medio más grande, y la probabilidad de ocurrencia, en particular mediante multiplicación, y el indicador de mantenimiento se transmite a una unidad de evaluación externa, no mostrada gráficamente, por medio de una tercera señal de salida 11b.
- El codificador rotatorio 1 comprende además medios de mantenimiento 16, que están conectados operativamente a través de una conexión de comunicación no mostrada a una unidad de mantenimiento central, tampoco mostrada. La unidad de mantenimiento recibe los defectos detectados por el codificador rotatorio 1 y por consiguiente puede ajustar los intervalos de mantenimiento según sea necesario.
- Finalmente, el codificador rotatorio 1 de la tercera forma de realización también comprende medios de calibración 13, que se explican con más detalle en la figura 5.
- La figura 4 muestra a modo de ejemplo el desarrollo temporal de la señal de aceleración $B_v(t)$ registrada en un estado de funcionamiento giratorio de la rueda de carril 3, en donde la señal de aceleración se generó por un codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención.
- La señal de aceleración $B_v(t)$ representa la aceleración que actúa sobre el centro de la rueda M en la dirección vertical V, en donde la dirección vertical V está orientada de manera orthogonal a la dirección horizontal H. En el ejemplo de realización de acuerdo con la figura 5, la sección de carril 2 representada discurre en dirección horizontal (véase la figura 5).
- Del desarrollo de señal se vuelve evidente que la señal de aceleración $B_v(t)$ consta de valores de aceleración negativos y positivos, en donde se señala que el desarrollo de señal está superpuesto por la aceleración gravitacional.
- Además, el desarrollo muestra que la señal de aceleración B_v comprende picos de señal transitorios, es decir, picos de aceleración dirigidos, que se indican mediante un aumento positivo y negativo de la señal de aceleración.
- Además, el diagrama comprende también el desarrollo temporal de la señal de posición de rotación $P(t)$, que comprende un desarrollo en forma de diente de sierra. Del desarrollo de la señal de posición de rotación $P(t)$ se vuelve evidente que la rueda de carril 3 monitorizada se mueve y/o gira a una velocidad constante en la sección mostrada gráficamente.
- Mediante el ajuste y/o comparación de acuerdo con la invención entre el desarrollo de la señal de aceleración $B_v(t)$ y el desarrollo de la señal de posición de rotación $P(t)$, puede distinguirse que la anomalía formada por el pico de aceleración X se repite de manera fija en la posición rotacional o, en otras palabras, siempre es detectable en la misma posición en la rueda de carril y/o en los mismos intervalos parciales del ángulo rotacional, por lo que en el

caso de la anomalía se trata de un defecto en la rueda de carril 3 y por consiguiente de un punto plano.

En la figura 5 se representa una representación esquemática lateral de un bogie 12 de un tren 17, que no se muestra en detalle.

- 5 El bogie 12 comprende dos ejes de rotación adyacentes uno con respecto a otro, que en cada caso conectan esencialmente de forma rígida dos ruedas de carril 3 opuestas entre sí. Los dos ejes de rotación comprenden codificadores rotatorios 1 de acuerdo con la invención, que están montados en la carcasa exterior de la rueda y por consiguiente están montados de manera esencialmente estacionaria con respecto al bogie 12 y/o al tren 17. El codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención comprende los medios de detección de rotación 4 de acuerdo con la invención en cada caso no representados en detalle, los medios de detección de defectos 6 de acuerdo con la invención así como los medios de detección de aceleración 5 de acuerdo con la invención.

- 10 Además, de la representación se desprende que los dos codificadores rotatorios 1 están montados en cada caso en un ángulo de montaje β con respecto a la horizontal H y/o la dirección horizontal H, lo que debe tenerse en cuenta al detectar la aceleración B que actúa en la dirección vertical V_v, dado que también el eje de detección E de los respectivos medios de detección de aceleración 5 gira alrededor del respectivo ángulo de montaje β .

- 15 Por este motivo, los dos codificadores rotatorios 1 comprenden los medios de calibración 13 no mostrados en detalle, que están configurados de modo que en un estado de calibración, que puede activarse después de la detección de una posición de reposo mediante la evaluación de la señal de posición de rotación de los medios de detección de rotación 4 por el medio de calibración 13 y/o el codificador rotatorio 1 de la rueda de carril 3, puede determinarse la influencia del ángulo de fijación y/o de montaje β sobre la aceleración detectada con ayuda de los medios de detección de aceleración 5 mediante la detección de la fuerza de gravedad y/o de la aceleración gravitacional g.

- 20 Por consiguiente pueden generarse ventajosamente datos de calibración que luego pueden utilizarse para corregir la señal de aceleración con el fin de obtener el componente de aceleración que actúa sobre el centro de la rueda M a lo largo de la dirección vertical V.

- 25 30 Las figuras 6a/b muestran, nuevamente de manera muy esquemática, un defecto en la sección de carril 2, que está formado por una unión de carril en la sección de carril 2.

- 35 Una unión de carril puede producirse entre un primer elemento de carril y un segundo elemento de carril, cuando los dos elementos de carril están separados entre sí a lo largo de la dirección horizontal H y/o cuando los dos elementos de carril forman un escalón a lo largo de la dirección vertical V.

- 40 Un defecto de este tipo también provoca una anomalía en el desarrollo de la señal de aceleración B_v(t), por lo que dicho defecto puede detectarse mediante el codificador rotatorio 1 de acuerdo con la invención.

- 45 45 Para ilustrar dichas uniones de carril, las figuras 6a/b muestran en cada caso tres posiciones temporalmente sucesivas de la rueda de carril S1-3 así como el desarrollo de la línea de movimiento B(t) del centro de la rueda M.

- 50 En la figura 6a, el defecto está formado por un desplazamiento horizontal entre dos elementos sobre carriles en una sección de carril 2.

- 55 La posición S1 de la rueda de carril 3 se encuentra desde el punto de vista temporal inmediatamente antes de alcanzar la unión de carril. En este punto no hay aceleración vertical.

- 60 50 En la posición S2, la rueda de carril 3 se ubica en el centro del defecto. Esto se demuestra al alcanzar una aceleración máxima en la dirección vertical V. La línea de movimiento B(t) alcanza su mínimo en S2.

- 65 En la posición S3, la rueda de carril 3 ha superado completamente la unión de carril. La aceleración en la dirección vertical V ha vuelto a caer a cero y se alcanza nuevamente el nivel original de la línea de movimiento B(t).

- 55 65 En la figura 6b, el defecto está formado por un desplazamiento horizontal entre dos elementos sobre carriles en una sección de carril 2.

- 60 Del desarrollo de la línea de movimiento B(t) dibujada desde el centro de la rueda M se desprende que dicha unión de carril conduce a un pico de aceleración, que se expresa mediante un cambio y/o aumento permanente de la línea de movimiento B(t).

La figura 7a/b ilustra un punto plano formado en una rueda de carril 3.

- 65 De la figura 7a puede deducirse que el punto plano en la rueda de carril 3 está formado sobre un segmento circular en un ángulo central ϕ con respecto al centro de la rueda M en la superficie de rodadura de la rueda de carril 3 y/o

en la circunferencia de la rueda de carril 3. El punto plano comprende una profundidad h . Además, la rueda de carril 3 comprende el radio r .

- 5 La figura 7b muestra esquemáticamente el desarrollo de la línea de movimiento $B(t)$ del centro de la rueda M de la rueda de carril 3 así como tres posiciones temporalmente sucesivas S1-3 de la rueda de carril 3 de manera correspondiente a las figuras 6a/b. El ángulo de rotación α se deduce de la figura 7a.

La línea de movimiento $B(t)$ puede determinarse a partir de la señal de aceleración $B_v(t)$.

- 10 La posición S1 mostrada corresponde a la posición de la rueda de carril 3 inmediatamente antes de la transición a la zona de punto plano. La posición S2 muestra la posición de la rueda de carril en un momento en que el punto plano descansa completamente sobre la sección de carril 2. La posición S3 muestra la posición de la rueda de carril inmediatamente después de la transición desde la zona de punto plano.
- 15 Se indica que la línea de movimiento $B(t)$ del centro de la rueda M de la rueda de carril 3 puede describirse de la siguiente manera (véase para ello las figuras 7a/b, en donde en la figura 7a corresponde $\alpha = 0^\circ$).

$$0 < \alpha \leq \frac{\varphi}{2}: \quad \begin{pmatrix} r * \sin(\alpha) \\ r * \cos(\alpha) \end{pmatrix}$$

$$\frac{\varphi}{2} < \alpha \leq \varphi: \quad \begin{pmatrix} l + r * \sin(\alpha - \varphi) \\ r * \cos(\alpha - \varphi) \end{pmatrix}$$

$$\varphi < \alpha \leq 0: \quad \begin{pmatrix} l + r * (\alpha - \varphi) \\ r \end{pmatrix}$$

- 20 El ángulo de giro α de la rueda de carril 3 depende de la frecuencia angular y del tiempo, en donde puede determinarse la frecuencia angular en particular a partir de la señal de posición de giro y del tiempo, por lo que puede determinarse una señal de posición de velocidad y una señal de posición de aceleración para el centro de la rueda M.
- 25 Se indica que la secuencia de movimiento mostrada no tiene en cuenta los efectos dinámicos debidos, entre otras cosas, a la inercia de las masas de la rueda de carril 3 y a la energía almacenada en la suspensión de la rueda.

REIVINDICACIONES

1. Codificador rotatorio (1) para detectar una aceleración que actúa independientemente de un movimiento rotacional de una rueda de carril (3) que puede girar sobre una sección de carril (2), que comprende

5 medios de detección de rotación (4) que están diseñados de modo que el movimiento rotacional de la rueda de carril (3) y/o de un eje de rueda que comprende dos ruedas de carril (3) puede detectarse mediante al menos una señal de posición de rotación,

10 en donde se proporcionan medios de detección de aceleración (5) comprendidos por el codificador rotatorio (1), que están diseñados de modo que una aceleración que actúa sobre la rueda de carril (3), en particular el centro de la rueda, independientemente del movimiento rotacional puede detectarse por al menos una señal de aceleración, así como medios de detección de defectos (6) que están diseñados de modo que la al menos una señal de aceleración puede monitorizarse en al menos una anomalía, preferiblemente al menos un pico de señal transitorio, de manera especialmente preferida un aumento positivo y/o negativo de la amplitud de la señal de aceleración, de manera muy especialmente preferente una aceleración dirigida y/o pulsada, para detectar un defecto en la rueda de carril (3) y/o en la sección de carril (2).

15 2. Codificador rotatorio según la reivindicación 1, caracterizado por que los medios de detección de rotación (4) y los medios de detección de aceleración (5) están conectados operativamente entre sí de tal manera que un valor de aceleración de la señal de aceleración, en particular que actúa sobre el centro de la rueda, puede asignarse a una posición de rotación de la señal de posición de rotación.

20 3. Codificador rotatorio según la reivindicación 2, caracterizado por que los medios de detección de defectos (6) comprenden medios de monitorización (7) que están diseñados para evaluar la señal de aceleración en función de la señal de posición de rotación, de tal manera que un defecto fijo en posición de rotación puede detectarse como un punto plano en la rueda de carril (3) y/o un defecto independiente de la posición de rotación puede detectarse como una unión de carril y/o una transición de carril en la sección de carril (2).

25 4. Codificador rotatorio según la reivindicación 2, caracterizado por que los medios de detección de defectos (6) comprenden medios de análisis (8) con varios elementos de suma (9a-c), en donde el número de elementos de suma (9) corresponde a un número predeterminable de intervalos parciales del ángulo de rotación (10) para dividir la rueda de carril (3) para la representación de una revolución completa, en particular de forma uniforme, en donde los medios de análisis (8) están diseñados de modo que, en un estado de funcionamiento giratorio de la rueda de carril (3), los valores de aceleración sobre la posición de rotación correspondiente se asignan a un intervalo parcial del ángulo de rotación (10a-c) y se añaden al elemento de suma (9a-c) correspondiente para dar una suma, en donde las sumas se evalúan para determinar la extensión de los puntos planos y para detectar los puntos planos.

30 5. Codificador rotatorio según la reivindicación 4, caracterizado por que los medios de análisis (8) para determinar la extensión y una primera detección de un posible punto plano están diseñados de modo que se determina la cantidad del valor medio de la suma respectiva de todos los elementos de suma (9a-c), en particular la suma respectiva dividida por el número de sumandos y la cantidad de los mismos, y se determina el valor medio más grande a partir de los valores medios de todos los elementos de suma y este valor medio se asigna como medida de la extensión del posible punto plano y el intervalo parcial del ángulo de rotación asignado al valor medio más grande se registra como un indicador para la primera detección del posible punto plano y en particular el valor medio más grande se emite como una primera señal de salida (11).

35 6. Codificador rotatorio según la reivindicación 5, caracterizado por que los medios de análisis (8) para una detección adicional están diseñados de modo que la dispersión, en particular la desviación estándar, se forma a través de varios indicadores detectados continuamente, en donde a una dispersión baja se asigna una alta probabilidad de ocurrencia y a una dispersión alta se asigna una baja probabilidad de ocurrencia como criterio para detectar un punto plano y en particular la probabilidad de ocurrencia se emite como una segunda señal de salida (11a).

40 7. Codificador rotatorio según la reivindicación 5 y la reivindicación 6, caracterizado por que los medios de análisis (8) para generar un indicador de mantenimiento están diseñados de modo que el indicador de mantenimiento se forma a partir de la extensión, en particular el valor medio más grande, y la probabilidad de ocurrencia, en particular mediante multiplicación, y el indicador de mantenimiento se transmite a una unidad de evaluación externa, en particular mediante una tercera señal de salida (11b).

45 8. Codificador rotatorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el codificador rotatorio (1) comprende medios de calibración (13), en donde los medios de calibración (13) están diseñados de modo que en un estado de calibración, que puede activarse automáticamente en particular después de encender el codificador rotatorio (1) y/o después de detectar un estado de funcionamiento inactivo de la rueda de carril (3) mediante una evaluación de la señal de posición de rotación, la orientación de montaje del codificador rotatorio (1), en particular un ángulo de montaje (β) del codificador rotatorio (1) entre un eje de detección (E) y un eje vertical (V), puede detectarse por medio de los medios de detección de aceleración (5) detectando y evaluando la señal de aceleración,

en particular los valores de aceleración, para compensar la influencia de la gravedad sobre la señal de aceleración.

9. Codificador rotatorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de detección de aceleración (5) están diseñados de modo que la aceleración que actúa sobre la rueda de carril (3) y/o el eje de rueda puede detectarse de forma bidimensional o tridimensional, en particular a lo largo de un eje X, Y y Z, que en cada caso están alineados ortogonalmente entre sí, y/o que los medios de detección de aceleración (5) están diseñados como un sensor de aceleración (14) micromecánico y/o un MEMS.
10. Codificador rotatorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el codificador rotatorio (1) comprende una cinta métrica (15) codificada magnética u óptica o mecánicamente, en donde los medios de detección de rotación (4) están diseñados de modo que puede detectarse un movimiento relativo entre la cinta métrica (15), que puede estar fijada en particular a una circunferencia exterior del eje de la rueda, y los medios de detección de rotación (4), que pueden estar fijados en particular de forma esencialmente estacionaria al eje de la rueda y a una carcasa de la rueda, en donde la posición de rotación puede representarse de manera continua o discreta mediante la señal de posición de rotación.
11. Codificador rotatorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el codificador rotatorio (1) comprende medios de mantenimiento (16), en donde los medios de mantenimiento (16) están diseñados de modo que cuando se detecta un punto plano y/o una unión de carril, puede generarse una señal de mantenimiento que puede transmitirse en particular a través de medios de comunicación a un centro de mantenimiento.
12. Tren (17) que comprende al menos un eje de rueda, en donde el eje de rueda comprende un codificador rotatorio (1) según una de las reivindicaciones anteriores.

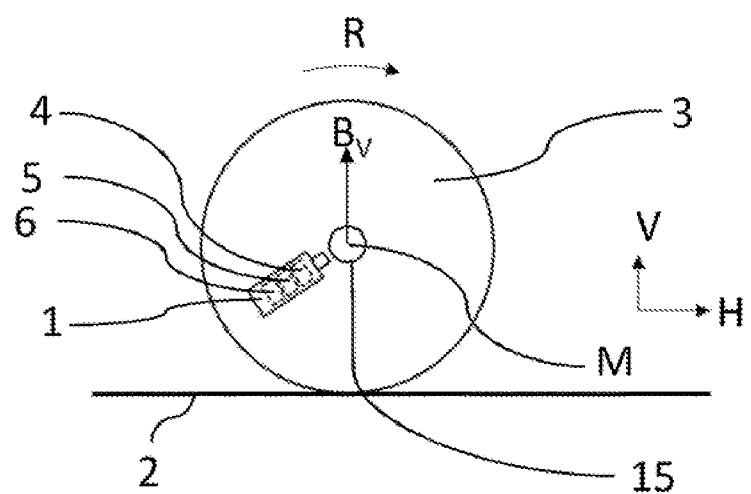


Fig. 1

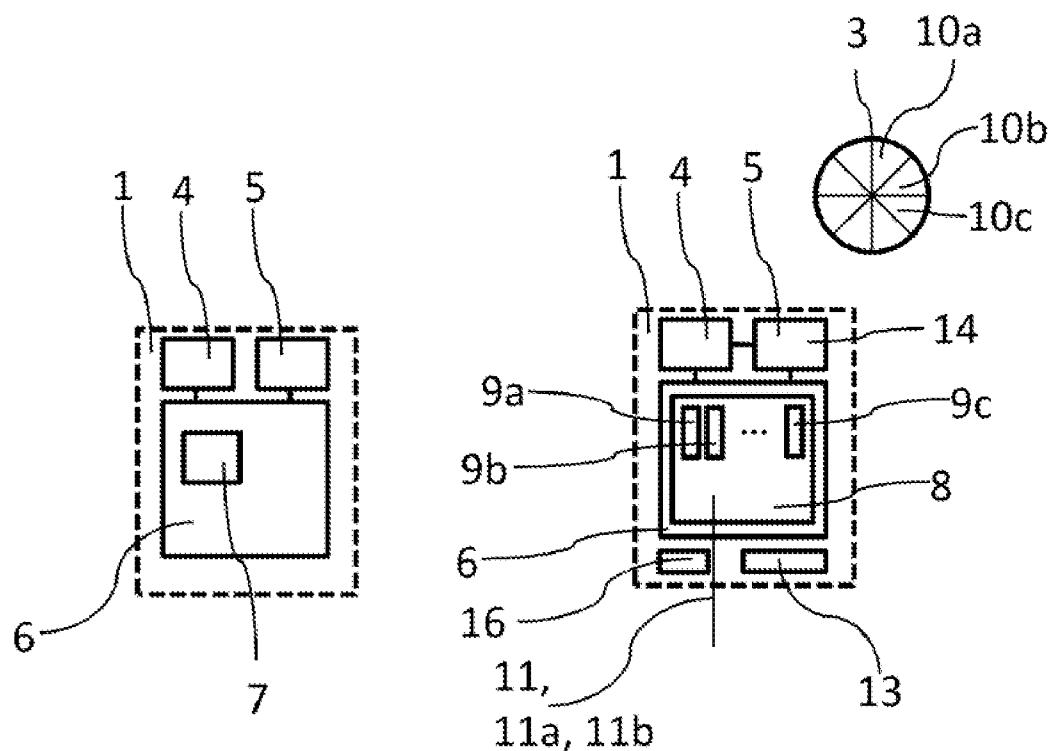


Fig. 2

Fig. 3

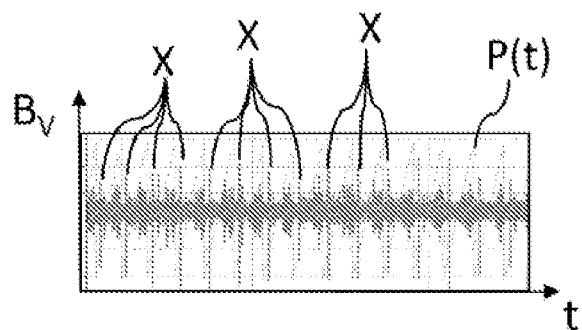


Fig. 4

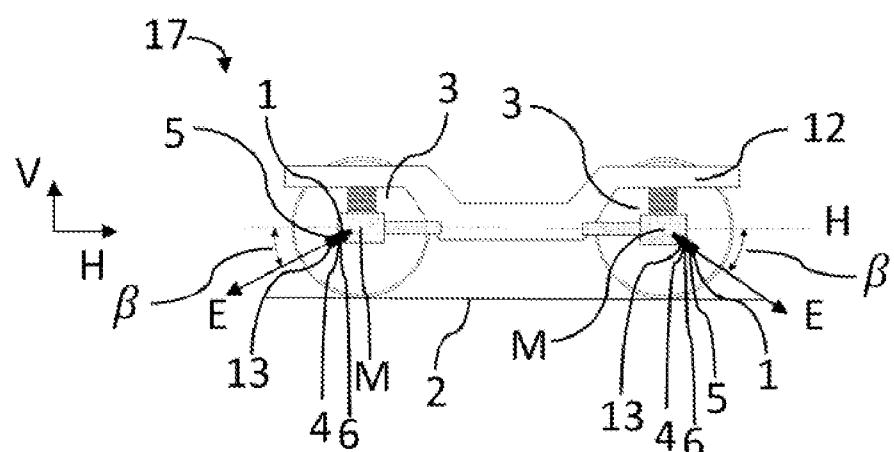


Fig. 5

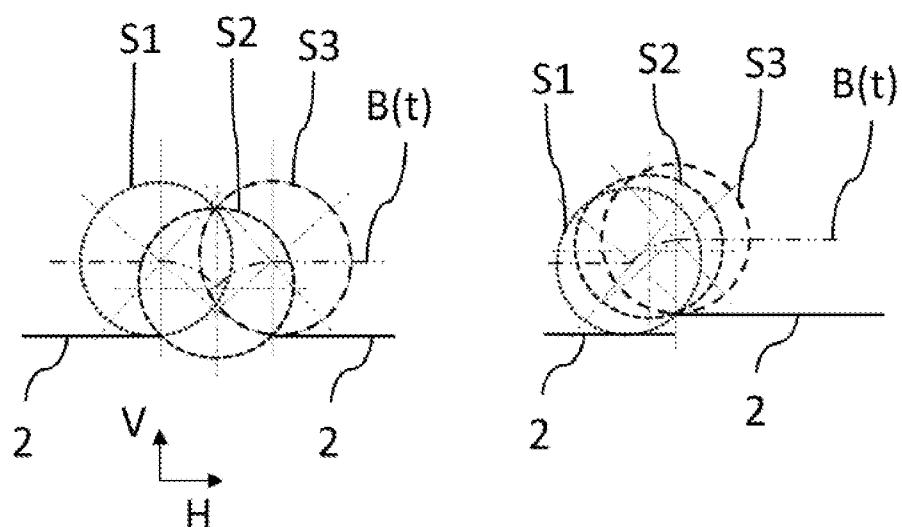


Fig. 6a

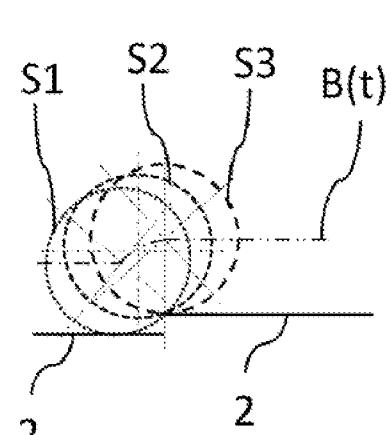


Fig. 6b

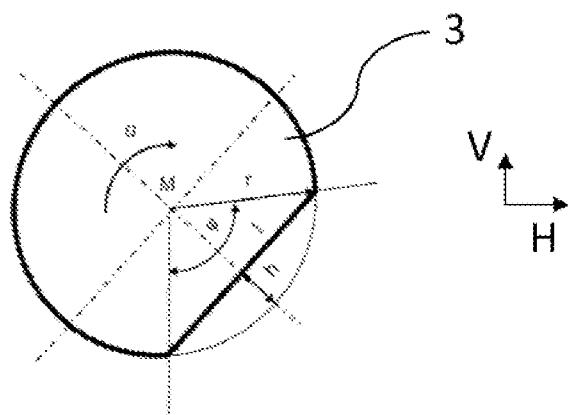


Fig. 7a

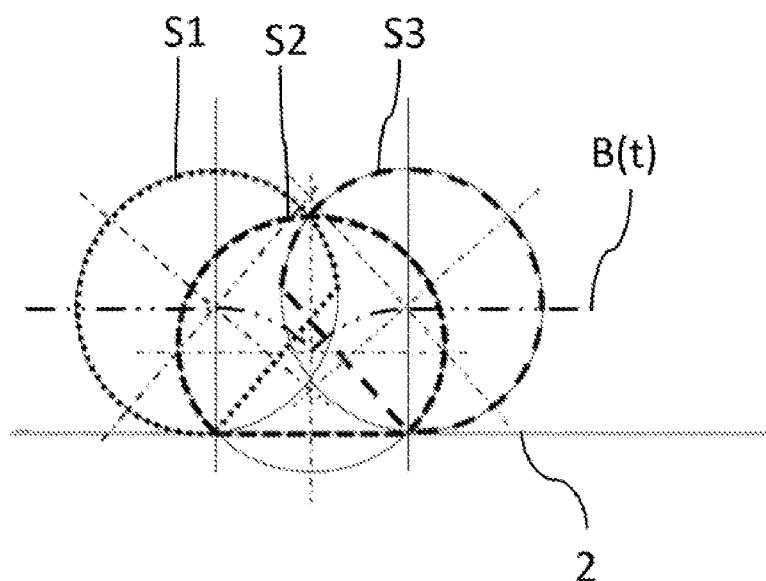


Fig. 7b