

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 205**

51 Int. Cl.:

**B60C 23/06** (2006.01)

**B60C 23/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.07.2014 PCT/EP2014/065477**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15014636**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2014 E 14739843 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3027435**

54 Título: **Procedimiento y sistema para determinar una desviación de presión entre una presión de neumático teórica y una presión de neumático actual para un neumático de un vehículo y para determinar la carga de una rueda**

30 Prioridad:

**01.08.2013 DE 102013108285**

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

**22.06.2020**

73 Titular/es:

**VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT (50.0%)  
Berliner Ring 2  
38440 Wolfsburg, DE y  
SCANIA CV AB (50.0%)**

72 Inventor/es:

**STEINMEYER, SIMON;  
MEINECKE, MARC-MICHAEL;  
DEGERMAN, PÄR y  
DEEG, CARSTEN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 768 205 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**

5 Procedimiento y sistema para determinar una desviación de presión entre una presión de neumático teórica y una presión de neumático actual para un neumático de un vehículo y para determinar la carga de una rueda

10 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para determinar una desviación de presión entre una presión de neumático teórica o presión de neumático óptima y una presión de neumático actual para un neumático de un vehículo. La presente invención también se refiere a un procedimiento y a un sistema para determinar la carga de una rueda incluso mientras se conduce.

15 El documento US 2003/0121319 A1 describe un dispositivo para estimar el estado de un neumático. En este caso, existen varias relaciones entre un radio de neumático de carga dinámica y la presión del neumático, que dependen de la carga de la rueda. En base a estas relaciones, un radio de neumático de carga dinámica calculado se convierte en una presión de neumático.

20 El documento EP 1 880 874 A2 describe un procedimiento y un dispositivo para emitir una alarma en caso de una presión anormal de los neumáticos. Esta alarma se emite dependiendo de si las cargas que actúan sobre las ruedas cambian entre una rueda derecha e izquierda. Se menciona que un radio de carga dinámica cambia dependiendo de una carga en la rueda.

25 El documento US 2010/0180677 A1 describe un dispositivo para calcular el peso de una carga transportada por un vehículo en función del radio dinámico de rodadura y la presión de los neumáticos.

El documento EP 2 722 202 A1 describe la estimación de la carga de la rueda dependiendo de la presión del neumático, la rigidez del neumático, un radio de rodadura efectivo y un radio original del neumático.

30 El documento DE 10 2009 057 578 A1 divulga la investigación de una distribución de carga de la rueda de una pluralidad de neumáticos de un vehículo sobre la base de la longitud del neumático y la presión de cada neumático.

El documento DE 10 2009 057 579 A1 describe la determinación de una presión de neumático teórica sobre la base de un valor real y un valor teórico de un parche de contacto de neumático.

35 El documento DE 103 52 539 B4 describe la supervisión de un vehículo con ruedas de neumáticos con la ayuda de un sensor de deformación.

40 La resistencia a la rodadura de un vehículo determina esencialmente la energía que el vehículo necesita para cubrir un recorrido. Alrededor del 20 % de la energía se debe utilizar en coches de viajeros para superar la resistencia a la rodadura en las autopistas. En el área urbana, este porcentaje aumenta al 40 %. Este porcentaje es aún mayor para camiones. En las autopistas, el 66 % del consumo de energía en los camiones se debe a la superación de la resistencia a la rodadura. Por lo tanto, una reducción del 3 % en la resistencia a la rodadura podría reducir el consumo total de energía de los camiones en las carreteras en un 2 %. Otro criterio para una presión óptima de los neumáticos es la estabilidad de conducción y, por lo tanto, la seguridad del conductor y la seguridad de todos los demás usuarios de la vía pública.

45 Por lo tanto, la presente invención tiene la tarea de proporcionar una indicación para el conductor de un vehículo mediante la cual se puede establecer una presión óptima de los neumáticos.

50 Según la invención, este objeto se resuelve mediante un procedimiento para determinar una desviación de presión entre una presión de neumático teórica y una presión de neumático actual según la reivindicación 1, mediante un procedimiento para determinar una carga de la rueda según la reivindicación 7 y mediante un sistema para determinar una desviación de presión entre una presión de neumático teórica y una presión actual de neumático según la reivindicación 8. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones preferidas y ventajosas de la presente invención.

55 Dentro del alcance de la presente invención, se proporciona un procedimiento para determinar una desviación de presión entre una presión de neumático teórica o presión de neumático óptima y una presión de neumático actual para un neumático de un vehículo. En este caso, el procedimiento según la invención comprende las siguientes etapas:

60

- Determinación automática de la carga de una rueda, que actúa principalmente sobre el neumático debido a la carga del vehículo.
- Determinación automática de un radio dinámico del neumático. Se entiende que un radio de neumático dinámico significa el radio del neumático que tiene el neumático cuando el vehículo viaja en línea recta. El radio dinámico del neumático se puede determinar, por ejemplo, a través de la circunferencia de rodadura del neumático. La circunferencia de rodadura corresponde a la distancia que recorre el neumático sin resbalar durante una revolución.

65 La circunferencia de rodadura se puede calcular, por ejemplo, a partir del cociente de la distancia recorrida por el vehículo dividido por el número de revoluciones del neumático.

- Determinación automática de la desviación de presión en función de la carga de la rueda y el radio dinámico del neumático.

5 A continuación, se describen numerosas variantes o realizaciones, de cómo se puede determinar la presión teórica del neumático y la presión actual del neumático y, por lo tanto, la desviación de la presión dependiendo de la carga de la rueda y el radio dinámico del neumático.

10 Según una primera variante según la invención, existe una función de presión teórica de los neumáticos a través de la cual se puede determinar la presión teórica de los neumáticos en función de la carga de la rueda. Para este propósito, por ejemplo, la función de presión de neumático teórica correspondiente para todas las variantes de neumático se puede almacenar en una base de datos, a la que el vehículo tiene acceso, de modo que el vehículo pueda determinar la presión de neumático ideal asociada o la presión de neumático teórica en función de la carga medida de la rueda cuando se conoce la función de presión de neumático teórica perteneciente a su tipo de neumático.

15 Según la invención, se especifica un radio de neumático descargado del neumático, es decir, el vehículo conoce el radio del neumático descargado. El radio del neumático descargado puede determinarse, por ejemplo, cuando el neumático descansa en el suelo, de modo que su área de contacto con el neumático no tiene contacto con el suelo. La presión actual del neumático se calcula ahora en función de la carga de la rueda, el radio del neumático descargado y el radio dinámico del neumático utilizando una función de rigidez del neumático.

20 La función de rigidez del neumático corresponde a una descripción matemática de las características del neumático respectivo. Mediante la función de rigidez del neumático, se puede determinar la rigidez del neumático en función de la carga de la rueda, la presión actual del neumático y, si corresponde, de la velocidad actual del vehículo.

25 La siguiente ecuación (1) da un ejemplo de la función de rigidez del neumático.

$$m = \frac{a}{f} \times \left( \frac{f}{p+k} \right)^n - b \times v \quad (1).$$

30 Aquí, m corresponde a la rigidez del neumático, f la carga de la rueda y v la velocidad del vehículo. En el caso de a, b, k y n, se trata de constantes. Como la constante b suele ser muy pequeña, la rigidez de los neumáticos m también se puede determinar sin el término "b\*v".

La rigidez del neumático m también se puede determinar a partir de la relación según la siguiente ecuación (2).

$$m = d / f \quad (2)$$

Aquí, f corresponde a la carga de la rueda, y d corresponde a la diferencia entre el radio del neumático sin carga  $r_0$  y el radio dinámico del neumático  $r_{din}$  según la siguiente ecuación (3).

$$d = r_0 - r_{din} \quad (3)$$

35 En otras palabras, si se conoce la carga de la rueda, el radio dinámico del neumático y el radio del neumático descargado, la rigidez del neumático se puede calcular utilizando las ecuaciones (2) y (3) anteriores. Usando la función de rigidez de los neumáticos, la presión actual de los neumáticos ahora se puede calcular sobre la base de la rigidez calculada de los neumáticos y la carga de la rueda (y, si corresponde, la velocidad), cambiando la función de rigidez de los neumáticos para calcular la presión actual de los neumáticos o utilizando la función de rigidez de los neumáticos para determinar un valor para la presión actual de los neumáticos, para el cual la rigidez del neumático calculada por la función de rigidez del neumático corresponde a la rigidez del neumático calculada de otro modo.

45 Con respecto a la función de rigidez del neumático, existen dos posibilidades según la invención.

- La función de rigidez del neumático está completamente especificada (es decir, con valores exactos para todas las constantes), de modo que la rigidez correspondiente del neumático se puede calcular a partir de los primeros valores medidos para la carga de la rueda y la presión actual del neumático, así como, si corresponde, la velocidad actual del vehículo.
- La función de rigidez del neumático se especifica sin conocer sus constantes (en el ejemplo de la ecuación (1), esto sería a, b, k y n). En este caso, las constantes se aprenden o determinan en función de los valores medidos, que se determinan para varios puntos en el tiempo para la carga de la rueda, la presión actual de los neumáticos

y la velocidad del vehículo, por ejemplo, se minimiza la norma cuadrática de un error de estimación. Por ejemplo, un filtro de Kalman (u otro filtro adecuado) observa la relación entre los valores medidos durante un período de tiempo más largo. De esta manera, las constantes o parámetros se determinan para la función de rigidez del neumático especificada, que también se conoce como identificación de parámetros. También es posible considerar la carga de la rueda o la presión actual de los neumáticos casi como una constante o parámetro, de modo que no solo se puedan determinar a través de los valores de medición medidos durante un período prolongado las constantes (por ejemplo, a, b, k y n), sino también la carga de la rueda o la presión actual de los neumáticos. En otras palabras, el procedimiento según la invención primero aprende las constantes de la función de rigidez del neumático antes de que la función de rigidez del neumático pueda usarse en particular para calcular la rigidez del neumático. En el caso de un filtro de Kalman, las constantes o parámetros de la función de rigidez del neumático por determinar forman el denominado vector de estado del sistema Kalman. Este vector se estima en forma recursiva a lo largo del tiempo mediante la introducción de los valores medidos.

Según una realización adicional según la invención, la rigidez del neumático se determina con la ayuda de la función de rigidez del neumático. Luego, el radio del neumático descargado  $r_0$  se determina mediante la siguiente ecuación (4) dependiendo del radio dinámico del neumático  $r_{din}$ , la carga de la rueda  $f$  y la rigidez determinada del neumático  $m$ .

$$r_0 = r_{din} + m \cdot f \quad (4)$$

El cálculo del radio del neumático descargado ofrece ventajosamente una alternativa para especificar el radio del neumático descargado.

Según la invención, también es posible que la presión teórica del neumático no esté predeterminada, sino que se determine. Esto es posible, por ejemplo, dependiendo de un criterio de optimización o de un criterio de diseño con ayuda de la cual se determina la presión teórica del neumático. Este criterio puede verse diferente según la aplicación. Una posibilidad consiste en especificar una relación fija  $C_{ideal}$  para la relación entre un radio dinámico ideal del neumático  $r_{ideal}$  y el radio del neumático descargado  $r_0$ , como es el caso con la siguiente ecuación (5).

$$C_{ideal} = r_{ideal} / r_0 \quad (5)$$

Después de determinar el radio dinámico ideal del neumático, en particular usando la ecuación (5) descrita anteriormente, la presión teórica del neumático se puede determinar en función del radio dinámico ideal del neumático usando la función de rigidez del neumático.

Se puede calcular una diferencia ideal  $d_{ideal}$  a partir de la diferencia entre el radio dinámico ideal del neumático  $r_{ideal}$  y el radio del neumático descargado  $r_0$ , como se muestra en la ecuación (6).

$$d_{ideal} = r_0 - r_{ideal} \quad (6)$$

De este modo, se puede determinar una rigidez de neumático predeterminada usando la ecuación (2) descrita anteriormente. Al cambiar, finalmente, la función de rigidez del neumático en consecuencia, la función de rigidez de la presión del neumático se puede utilizar para determinar la presión teórica del neumático adecuada en función de la rigidez del neumático teórica conocida al conocer la carga de la rueda (y posiblemente la velocidad). O un valor para la presión teórica del neumático se determina por medio de la función de rigidez del neumático, para la cual la rigidez del neumático calculada por la función de rigidez del neumático corresponde a la rigidez teórica del neumático.

En el marco de la presente invención, también se proporciona un procedimiento para determinar la carga de una rueda para un neumático de un vehículo. Este procedimiento según la invención comprende las siguientes etapas:

- Determinar la presión actual de los neumáticos que se puede lograr, por ejemplo, con un sensor de presión integrado en el neumático.
- Determinar un radio dinámico del neumático.
- Especificar un radio de neumático descargado del neumático en el estado descargado.
- Determinar la carga de una rueda para el neumático en función de la presión actual del neumático, el radio dinámico del neumático y el radio del neumático descargado utilizando la función de rigidez del neumático.

La relación entre la rigidez del neumático  $m$  y la carga de la rueda  $f$  descrita en la ecuación (7) puede mostrarse sobre la base del radio dinámico del neumático  $r_{din}$  y el radio del neumático descargado  $r_0$ .

$$m = \frac{r_0 - r_{din}}{f} \quad (7)$$

Existe una segunda relación entre la rigidez del neumático y la carga de la rueda a través de la función de rigidez del neumático. Por lo tanto, hay dos ecuaciones para las dos incógnitas m y f, de modo que se pueden calcular tanto la rigidez del neumático como la carga de la rueda.

El radio dinámico del neumático se puede determinar según la invención, por ejemplo, determinando la distancia recorrida por el vehículo sobre la base de datos de GPS y luego dividiendo esta distancia cubierta por el número de revoluciones del neumático respectivo, que se registraban mientras se cubría esta distancia por el neumático respectivo. El número de revoluciones del neumático respectivo puede determinarse, por ejemplo, en base a las llamadas "marcas de ruedas", donde, por ejemplo, se registran 100 marcas de ruedas por revolución de los neumáticos. Una marca de la rueda corresponde en este caso a una señal de medición, que es detectada por un sensor cuando el neumático ha girado a través de un ángulo de rotación predeterminado.

Como ya se describió en la definición del radio dinámico del neumático, el radio dinámico del neumático solo se puede determinar con precisión si el neumático no tiene deslizamiento. Por esta razón, las situaciones de conducción dinámica del vehículo (por ejemplo, frenado brusco del vehículo, aceleración con neumáticos giratorios) deben excluirse al determinar el radio dinámico del neumático. Tales situaciones de conducción dinámica pueden identificarse, por ejemplo, mediante sensores de aceleración o evaluando señales de freno, señales de ABS o señales de ESP, de modo que el radio dinámico del neumático solo se determina en situaciones de conducción en las que el neumático no tiene deslizamiento. Además, se puede usar un filtro Kalman u otro procedimiento de filtrado adecuado para comparar las marcas de las ruedas registradas durante un intervalo predeterminado con las marcas esperadas de las ruedas, para identificar valores atípicos y no tenerlos en cuenta al determinar el radio dinámico del neumático.

Además, el radio dinámico del neumático del vehículo puede depender de una velocidad de derrape  $\Psi$  del vehículo, una velocidad de rotación  $DG_1$  del neumático, otra velocidad de rotación  $DG_2$  de otro neumático del vehículo y una distancia s entre el neumático y el neumático adicional según la siguiente ecuación (8) puede determinarse como se describe en el documento DE 10 2006 020 490 A1.

$$r_{din} = \frac{1}{2\pi} \times \frac{\Psi \times s}{DG_2 \times X_1 - DG_1} \quad (8)$$

$X_1$  especifica una relación circunferencial, que se puede calcular utilizando la siguiente ecuación (9) cuando el vehículo se desplaza en línea recta desde una integral en el tiempo de la primera velocidad de rotación y una integral en el tiempo de la segunda velocidad de rotación.

$$X_1 = \frac{\int DG_1}{\int DG_2} \quad (9)$$

Según la invención, la carga de la rueda medida o calculada actúa principalmente sobre el neumático respectivo debido a la carga del vehículo. La desviación de presión entre la presión actual de los neumáticos y la presión teórica de los neumáticos se puede determinar para la carga actual de las ruedas de cada neumático del vehículo. Por ejemplo, estos dos valores (es decir, la presión teórica de los neumáticos y la presión actual de los neumáticos) se pueden transmitir al conductor del vehículo a través de una interfaz correspondiente. Para motivar al conductor a ajustar la presión actual de los neumáticos a la presión teórica de los neumáticos, también se puede mostrar el consumo de energía adicional que surge debido a la presión incorrecta de los neumáticos (por ejemplo, "2 % (0,4 l/100 km) mayor consumo de energía debido a una presión de aire insuficiente"). Además, si se excede un cierto umbral de consumo de energía, se puede generar una advertencia para el conductor, a fin de advertirle de la configuración incorrecta de la presión de los neumáticos. Además, el conductor puede ser advertido de un riesgo de seguridad debido a la presión incorrecta de los neumáticos. Finalmente, también es posible según la invención cambiar automáticamente la presión del neumático respectivo de tal manera que corresponda a la presión teórica del neumático.

Para evitar adaptar la presión del neumático a la presión teórica del neumático con cada cambio en la carga de la rueda, se puede determinar una carga de rueda promedio, máxima o típica para el neumático respectivo. En este caso, la desviación de presión o la presión teórica del neumático se puede determinar dependiendo de esta carga de

la rueda (y no de la carga actual de la rueda).

Dentro del alcance de la presente invención, también se proporciona un sistema para determinar una desviación de presión entre una presión teórica de neumático y una presión actual de neumático para un neumático de un vehículo. En este caso, el sistema según la invención, que comprende un controlador, está diseñado para determinar el radio dinámico del neumático y la carga de la rueda del neumático. Dependiendo del radio dinámico del neumático y la carga de la rueda, el sistema según la invención utiliza el control para determinar la desviación de presión.

Las ventajas del sistema según la invención corresponden esencialmente a las ventajas del procedimiento según la invención, que se explican en detalle de antemano, de modo que se prescinde aquí de una repetición.

El sistema según la invención está particularmente diseñado para llevar a cabo cualquier variante o realización del procedimiento según la invención.

Además, en el marco de la presente invención, también se proporciona un sistema adicional para determinar la carga de una rueda para un neumático de un vehículo. En este caso, el sistema adicional, que incluye un controlador, está diseñado para determinar la presión actual del neumático a través de un sensor de presión del neumático del sistema adicional y para determinar el radio dinámico del neumático. Si se conoce el radio del neumático descargado, el sistema adicional determina la carga de la rueda dependiendo de la presión actual del neumático, el radio dinámico del neumático y el radio del neumático descargado utilizando la función de rigidez del neumático.

Además, se proporciona un vehículo según la invención, que comprende un sistema según la invención y/o un sistema adicional según la invención.

A continuación, la presente invención se explicará nuevamente desde un punto de vista diferente usando seis posibles variantes según la invención.

#### Variante 1

En la primera variante, se mide la carga de la rueda y la presión actual de los neumáticos. La presión teórica del neumático se determina dependiendo de la carga de la rueda por medio de una función predeterminada. Esta función puede almacenarse, por ejemplo, en una base de datos a la que el vehículo tiene acceso para todas las variantes de neumáticos. Como subvariante, esta función también se puede configurar para que se aplique a todos los tipos de neumáticos aprobados.

#### Variante 2

En esta variante, la presión actual del neumático se mide, por ejemplo, con un sensor de presión del neumático integrado en el neumático, y se determina el radio dinámico del neumático. Usando una función específica (ver variante 1), la presión teórica del neumático se determina en función de la carga de la rueda. A diferencia de la variante 1, la variante 2 no mide la carga de la rueda, sino que la calcula. Dependiendo del radio del neumático descargado, que se supone conocido en esta variante, y el radio dinámico del neumático, existe una primera relación entre la carga de la rueda y la rigidez del neumático, como se describe en la ecuación (7) de antemano. Además, existe una segunda relación entre la carga de la rueda y la rigidez del neumático a través de una función predeterminada de rigidez del neumático. Tanto la carga de las ruedas como la rigidez de los neumáticos se pueden determinar utilizando estas dos relaciones.

#### Variante 3

En la tercera variante, se mide la carga de la rueda y se determina el radio dinámico del neumático. Usando una función especificada (ver variante 1), la presión teórica de los neumáticos se determina nuevamente en función de la carga de la rueda. En comparación con la variante 2, la carga de la rueda se mide con esta variante, pero no se conoce la presión actual de los neumáticos. La ecuación (7) se puede utilizar para calcular la rigidez del neumático en función de la carga de la rueda, el radio del neumático descargado, que se supone conocido en esta variante, y el radio dinámico del neumático. Al cambiar la función de rigidez del neumático según la presión actual del neumático, la presión actual del neumático se puede determinar mediante la función de rigidez del neumático en función de la carga de la rueda y la rigidez del neumático y, si corresponde, de la velocidad del vehículo.

#### Variante 4

Al igual que con la variante 3, en esta variante, se mide la carga de la rueda y se determina el radio dinámico del neumático. Nuevamente, la presión teórica de los neumáticos se determina dependiendo de la carga de la rueda por medio de la función especificada (ver variante 1). En esta variante, se especifica una función de rigidez del neumático en la que aún no se conocen las constantes. Por lo tanto, estas constantes se determinan, por ejemplo, usando un filtro Kalman (u otro filtro adecuado) sobre la relación entre los valores medidos para la carga de la rueda y la velocidad del vehículo junto con la presión actual de los neumáticos. En esta variante, la presión actual de los neumáticos no se

5 mide, sino que se interpreta casi como una constante de la función de rigidez de los neumáticos. La velocidad del vehículo debe tenerse en cuenta al determinar las constantes. Una vez que se han determinado las constantes, la velocidad puede descuidarse en una aplicación posterior de la función de rigidez del neumático, ya que la presión actual del neumático por calcular debe aplicarse a todas las velocidades.

5 Cabe señalar que, en esta variante, la desviación de la presión entre la presión teórica de los neumáticos y la presión actual de los neumáticos solo se puede determinar después de cierto período de tiempo, en el que las constantes de la función de rigidez de los neumáticos tienen que ser aprendidas.

10 Variante 5

15 En esta variante, se mide la carga de la rueda y la presión actual del neumático y se determina el radio dinámico del neumático. Al igual que en la variante 4, la función de rigidez del neumático prácticamente se aprende primero. Luego se puede utilizar la función de rigidez del neumático para determinar la rigidez del neumático en función de la carga de la rueda, la presión actual del neumático y la velocidad del vehículo. El radio del neumático descargado se puede calcular en función de la carga de la rueda, el radio dinámico del neumático y la rigidez del neumático utilizando la ecuación (4) descrita anteriormente. En contraste con las variantes descritas anteriormente, esta variante no tiene una función para determinar la presión teórica del neumático dependiendo de la carga de la rueda. En cambio, la presión teórica del neumático se determina mediante un criterio de optimización o un criterio de diseño, por ejemplo, 20 determinando un radio dinámico ideal del neumático en función de una relación fija predeterminada entre el radio dinámico ideal del neumático y el radio del neumático descargado. En función del radio del neumático descargado y del radio dinámico ideal del neumático, se puede calcular una diferencia ideal utilizando la ecuación (6). Con esta diferencia ideal, se puede calcular casi la rigidez de un neumático ideal o la rigidez teórica del neumático con la ecuación (2). Al cambiar la función de rigidez del neumático en consecuencia, la presión teórica del neumático se puede calcular en función de la rigidez teórica del neumático y la carga de la rueda.

25 Variante 6

30 Esta variante corresponde en gran medida a la variante 5, pero a diferencia de la variante 5, la presión actual de los neumáticos no se determina, de modo que solo se mide la carga de la rueda y se determina el radio dinámico del neumático. Al aprender la función de rigidez de los neumáticos, además de aprender o determinar las constantes, también se determina la presión actual de los neumáticos, de modo que el procedimiento puede seguirse, por así decirlo, según la variante 5 para determinar la presión deseada de los neumáticos. En comparación con la variante 5, se espera que esta variante 6 tenga una peor calidad funcional. Por un lado, la fase en la que se aprenden las 35 constantes y la presión actual de los neumáticos tomará un período de tiempo más largo en comparación con la variante 5. Por otro lado, la presión actual de los neumáticos determinada se determinará con menos precisión en comparación con la variante 5, de modo que la desviación de presión determinada también será menos precisa que en la variante 5.

40 La función que puede estar predeterminada para determinar la presión teórica del neumático en función de la carga de la rueda puede ser específica para cada neumático del vehículo. Sin embargo, también es posible que esta función se aplique a todos los neumáticos del vehículo. En casos extremos, es posible que la función especificada se aplique a todos los neumáticos permitidos. De manera similar, la función de rigidez del neumático, que puede estar completamente predeterminada, puede ser específica para cada neumático del vehículo, aplicarse a todos los 45 neumáticos del vehículo o a todos los neumáticos permitidos del vehículo.

50 La presente invención es adecuada para vehículos de motor, en particular camiones. Por supuesto, la presente invención no está restringida a esta área de aplicación preferida, ya que la presente invención también puede usarse en aviones y vehículos guiados por pista.

55 La presente invención se describe en detalle a continuación sobre la base de realizaciones preferidas según la invención con referencia a las figuras.

Con la Fig. 1 se ilustran los términos de radio de neumático estático, dinámico y descargado.

60 En la Fig. 2, se muestran ejemplos de rigidez de neumáticos según la invención (relación entre la diferencia entre el radio dinámico y descargado del neumático y la carga de la rueda).

En la Fig. 3, se muestra el diagrama de flujo de una realización según la invención para determinar la desviación de presión entre la presión teórica del neumático y la presión actual del neumático.

En la Fig. 4, se muestra esquemáticamente un vehículo con un sistema según la invención.

65 En la Fig. 1, se muestra un neumático 5 que tiene un radio de neumático estático  $r_{est}$ , un radio dinámico de neumático  $r_{din}$  y un radio de neumático descargado  $r_0$ . El radio de neumático estático  $r_{est}$  determina la distancia más corta entre el eje central 6 del neumático 5 y el carril  $r_0$  en el que se encuentra el vehículo. El radio dinámico del neumático  $r_{din}$  se

puede calcular a partir de la circunferencia de rodadura del neumático. El radio del neumático descargado  $r_0$  es el radio más grande que se medirá en el neumático 5 y corresponde al radio del neumático que el neumático 5 asume en el estado descargado (es decir, no hay carga en el neumático). En resumen, se aplica la siguiente desigualdad (10):

$$r_{est} < r_{din} < r_0 \quad (10)$$

5 El símbolo de referencia  $d$  denota la diferencia o la distancia entre el radio del neumático descargado  $r_0$  y el radio dinámico del neumático  $r_{din}$ .

10 En la Fig. 2, se muestra la relación aproximadamente lineal o la relación  $m$  entre la diferencia  $d$  y la carga de la rueda  $f$  que actúa sobre la rueda 5 respectiva para un neumático o tipo de neumático específico. Se reconoce que la relación  $m$  o la relación entre  $d$  y  $f$  depende de la presión actual de los neumáticos y la velocidad a la que viaja el vehículo. En la Fig. 2, la relación  $m$  es para las presiones de 1,7 bar, 2,2 bar y 2,7 bar y en cada caso para una velocidad de 0 km/h (es decir, para parada) y para una velocidad de 200 km/h especificada.

15 En la Fig. 3, se muestra un diagrama de flujo de un procedimiento según la invención para determinar la desviación de presión.

20 En la primera etapa S1, se determina el radio dinámico del neumático  $r_{din}$ . En general, cuanto más baja es la presión del neumático y mayor es la carga de la rueda, más se deforma el neumático respectivo en el área en que el neumático toca la carretera (es decir, mayor es la diferencia entre el radio dinámico del neumático  $r_{din}$  y el radio del neumático descargado  $r_0$  y, en consecuencia la diferencia  $d$ ).

25 En la segunda etapa S2, se determina la carga de la rueda  $f$  que actúa sobre el neumático respectivo. La carga de la rueda  $f$  se puede detectar con sensores apropiados, que miden la presión de aire dentro del elemento de resorte correspondiente, por ejemplo, en el caso de suspensión de aire. Con una suspensión convencional del vehículo, la carga de la rueda  $f$  se puede detectar sobre la base de la desviación del elemento de resorte correspondiente.

30 Si no hay sensores correspondientes, la carga de la rueda  $f$  que actúa sobre el neumático respectivo puede ingresarse manualmente, por ejemplo, por el conductor del vehículo. En este caso, las simplificaciones son posibles, por ejemplo, especificando solo una carga por eje del vehículo y suponiendo una distribución de carga simétrica, de modo que la carga del eje especificada actúe sobre el neumático respectivo por la mitad.

35 En la tercera etapa S3, se registra la presión actual del neumático respectivo, por ejemplo, usando sensores de presión instalados en el neumático. Esta etapa S3 es opcional y, en particular, admite la calibración automática de las constantes o los parámetros del neumático en la siguiente etapa S4. Además, un valor medido directamente para la presión actual del neumático es preferible al valor calculado en la etapa S9.

40 En la cuarta etapa S4, se determina una función de rigidez del neumático, con la ayuda de la cual la rigidez del neumático, es decir, la relación  $m$  entre la diferencia entre el radio dinámico del neumático  $r_{din}$  y el radio del neumático descargado  $r_0$  y la carga de la rueda  $f$  que actúa sobre el neumático respectivo puede determinarse dependiendo de la carga de la rueda y la presión del neumático.

45 Para este propósito, los valores medidos se registran o determinan para cada neumático del vehículo durante cierto período de tiempo para la carga de la rueda, la velocidad y el radio dinámico del neumático. Si la presión actual de los neumáticos también está disponible, también se registran los valores medidos correspondientes.

50 Por ejemplo, con la ayuda de un filtro Kalman (o un enfoque similar), los parámetros de la función de rigidez del neumático  $m = \text{func}(f, p, v)$  se pueden determinar de antemano sobre la base de los valores medidos previamente registrados (ver Fig. 2). Las constantes o parámetros estimados usando el filtro Kalman describen ciertas propiedades del neumático o tipo de neumático respectivo y definen la función de rigidez del neumático para que la rigidez del neumático  $m$  pueda determinarse para las variables presión del neumático  $p$ , carga de la rueda  $f$  y velocidad  $v$ .

55 Alternativamente, la función también se puede proporcionar en forma de una base de datos, en la que la función de rigidez del neumático descrita anteriormente, con la ayuda de la cual se puede calcular la rigidez del neumático dependiendo de la presión del neumático, la carga de la rueda y la velocidad del vehículo, se almacena para los diversos tipos de neumáticos. También es posible almacenar los datos con los que se describe la función de rigidez del neumático, por ejemplo, en una etiqueta RFID, directamente dentro o sobre el neumático y leer estos datos sin contacto.

60 En la etapa S5, la rigidez del neumático se calcula utilizando la función de rigidez del neumático que se ha determinado o aprendido completamente de antemano.

En la siguiente etapa S6, la diferencia  $d$  resulta del producto de la rigidez del neumático  $m$  y la carga de la rueda  $f$ . Sobre la base de la diferencia  $d$ , el radio del neumático descargado  $r_0$  se puede calcular en la siguiente etapa S7 sumando el radio dinámico del neumático  $r_{din}$  con la diferencia  $d$ .

5 Según un criterio de optimización, la presión óptima de los neumáticos o la presión teórica de los neumáticos para la carga de las ruedas aplicada actualmente se calcula en la siguiente etapa S8. Este criterio existe explícitamente en la base de datos de neumáticos como una imagen (función o curva característica)  $p_{Ideal}(f)$ , o se usa una aproximación generalmente utilizable (por ejemplo, una relación predefinida  $r_{Ideal}/r_0$ ). Al convertir y calcular la función predeterminada de rigidez del neumático según  $p$ , la función de rigidez del neumático establecida puede usarse para determinar la presión teórica del neumático en función de la carga de la rueda.

10 Si la presión actual de los neumáticos  $p_{Actual}$  no se mide en la etapa S3, se puede calcular en la etapa S9. Para este propósito, la rigidez del neumático se calcula dependiendo del radio dinámico del neumático  $r_{din}$  y la carga de la rueda  $f$ . La función de rigidez del neumático se cambia a  $p$ , de modo que la función modificada se puede usar para calcular la presión actual del neumático en función de la carga de la rueda, la velocidad y la rigidez del neumático.

15 En la etapa S10, la desviación de presión se calcula como la diferencia de la presión teórica  $p_{Ideal}$  y el valor de presión actual de los neumáticos  $p_{Actual}$ . Esta desviación de presión se controla y, si es necesario, se informa o se advierte al conductor, o la presión actual se ajusta en consecuencia mediante un dispositivo de ajuste automático de presión.

20 Las etapas S5 a S10 se pueden repetir periódicamente.

En la Fig. 4, se muestra esquemáticamente un vehículo según la invención con un sistema 20 según la invención. El sistema 20 según la invención comprende un controlador 1, un sensor de presión de neumáticos 2, un sensor de fuerza 3 y un sensor de velocidad 4.

Lista de referencias

- 1 controlador
- 2 sensor de presión de neumáticos
- 3 sensor de fuerza
- 4 sensor de velocidad
- 5 neumático
- 6 eje central de neumáticos
- 10 vehículo
- 20 sistema
- $d$  diferencia ( $r_0 - r_{din}$ )
- $f$  carga de la rueda
- $m$  rigidez del neumático
- 40  $p_{Actual}$  presión actual de los neumáticos
- $p_{Ideal}$  presión teórica de los neumáticos
- $r_0$  radio del neumático en condición descargada
- $r_{din}$  radio dinámico del neumático
- $r_{est}$  radio estático del neumático
- 45 S<sub>1</sub>-S<sub>10</sub> etapa de procedimiento

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para determinar una desviación de presión ( $p_{Rel}$ ) entre una presión de neumático teórica ( $p_{Ideal}$ ) y una presión de neumático actual ( $p_{Actual}$ ) para un neumático (5) de un vehículo (10), cuyas etapas comprenden.

5 determinar una carga de rueda ( $f$ ) para el neumático (5),  
determinar un radio dinámico del neumático ( $r_{din}$ ) del neumático (5), y  
determinar la desviación de presión dependiendo de la carga de la rueda ( $f$ ) y el radio dinámico del neumático ( $r_{din}$ ),  
10 especificando un radio de neumático descargado ( $r_0$ ) del neumático (5) en el estado descargado,  
donde la presión actual del neumático ( $p_{Actual}$ ) se calcula en función de la carga de la rueda ( $f$ ), el radio del neumático descargado ( $r_0$ ) y el radio dinámico del neumático ( $r_{din}$ ) por medio de una función de rigidez del neumático.

2. Procedimiento según la reivindicación 1,  
15 **caracterizado**  
**porque** la presión teórica del neumático ( $p_{Ideal}$ ) se determina mediante una función de presión teórica del neumático que depende de la carga de la rueda ( $f$ ).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2,  
20 **caracterizado**  
**porque** se especifica la función de rigidez del neumático, por medio de la cual se puede calcular la rigidez del neumático ( $m$ ) del neumático (5) dependiendo de la carga de la rueda ( $f$ ), la presión actual del neumático ( $p_{Actual}$ ) y una velocidad ( $v$ ) a la que se conduce el vehículo (10) actualmente y porque las constantes de la función de rigidez del neumático se aprenden determinando los valores de medición para la velocidad ( $v$ ) y la carga de la rueda ( $f$ ) para  
25 varios puntos en el tiempo y determinando las constantes para estos valores de medición de tal manera que se minimice un error de estimación.

4. Procedimiento según la reivindicación 3,  
30 **caracterizado**  
**porque** la presión actual de los neumáticos ( $p_{Actual}$ ) se considera una constante y se aprende cuando se aprenden las constantes.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
35 **caracterizado**  
**porque** la rigidez del neumático  $m$  se determina mediante la función de rigidez del neumático y el radio del neumático descargado  $r_0$  se determina mediante la siguiente ecuación en función del radio dinámico del neumático  $r_{din}$ , la carga de la rueda  $f$  y la rigidez del neumático  $m$ :

$$r_0 = r_{din} + m \cdot f.$$

6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
40 **caracterizado**  
**porque** se especifica un radio de neumático dinámico ideal ( $r_{Ideal}$ ), y  
**porque** la presión teórica del neumático ( $p_{Ideal}$ ) se determina en función del radio dinámico ideal del neumático ( $r_{Ideal}$ ) usando la función de rigidez del neumático.

7. Procedimiento para determinar la carga de una rueda ( $f$ ) para un neumático (5) de un vehículo (10), que comprende las etapas de:

determinar la presión actual de los neumáticos ( $p_{Actual}$ ),  
determinar un radio dinámico del neumático ( $r_{din}$ ) del neumático (5),  
50 especificar un radio de neumático descargado ( $r_0$ ) del neumático (5) en el estado descargado y  
determinar la carga de la rueda ( $f$ ) para el neumático (5) en función de la presión actual del neumático ( $p_{Actual}$ ), el radio dinámico del neumático ( $r_{din}$ ) y el radio del neumático descargado ( $r_0$ ) utilizando una función de rigidez de neumáticos,

**caracterizado**  
55 **porque** una primera relación entre la rigidez de un neumático  $m$  y la carga de la rueda  $f$  se determina usando el radio dinámico del neumático  $r_{din}$  y el radio del neumático descargado  $r_0$  usando la siguiente ecuación (1):

$$m = \frac{r_0 - r_{\text{din}}}{f} \quad (1)$$

donde una segunda relación entre la rigidez del neumático ( $m$ ) y la carga de la rueda ( $f$ ) se determina por medio de la función de rigidez del neumático, y

5 donde, tanto la rigidez del neumático ( $m$ ) como la carga de la rueda ( $f$ ) se determinan en base a la primera y segunda relación.

8. Sistema para determinar una desviación de presión ( $p_{\text{Rel}}$ ) entre una presión de neumático teórica ( $p_{\text{Ideal}}$ ) y una presión de neumático actual ( $p_{\text{Actual}}$ ) para un neumático (5) de un vehículo (10),

donde el sistema (20) comprende un controlador (1),

10 donde el sistema (20) está diseñado para determinar un radio dinámico del neumático ( $r_{\text{din}}$ ) del neumático (5) y una carga de la rueda ( $f$ ) para el neumático (5), y

donde el sistema (20) está diseñado para usar el controlador (1) para determinar la desviación de presión en función de la carga de la rueda ( $f$ ) y el radio dinámico del neumático ( $r_{\text{din}}$ ),

donde el sistema (20) es un radio de neumático descargado ( $r_0$ ) del neumático (5) en el estado descargado,

15 donde el sistema (20) está diseñado para calcular la presión actual del neumático ( $p_{\text{Actual}}$ ) en función de la carga de la rueda ( $f$ ), el radio del neumático ( $r_0$ ) y el radio dinámico del neumático ( $r_{\text{din}}$ ) por medio de una función de rigidez del neumático.

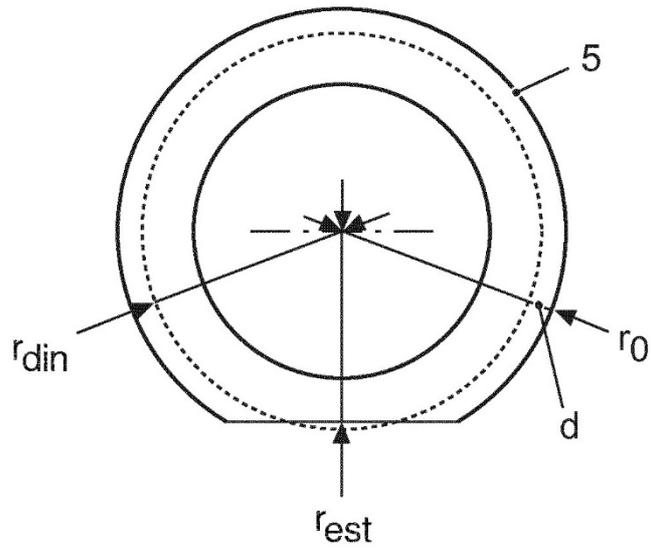


FIG. 1

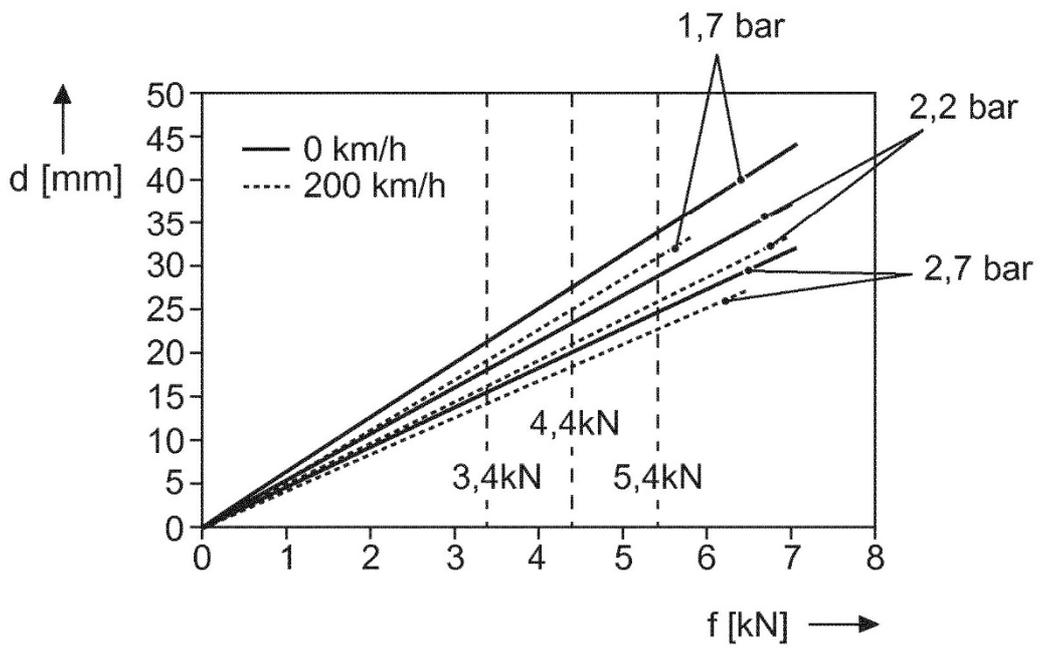


FIG. 2

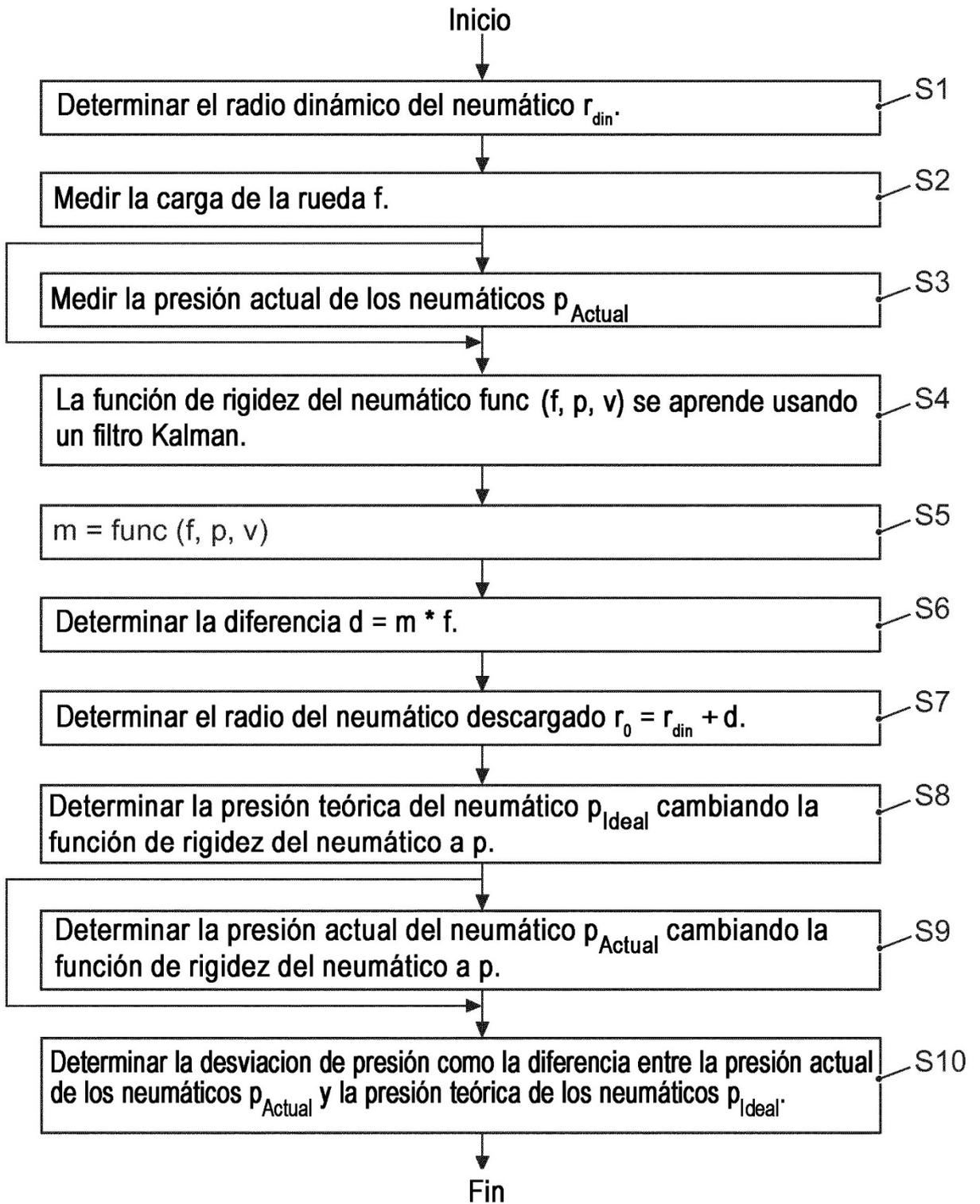


FIG. 3

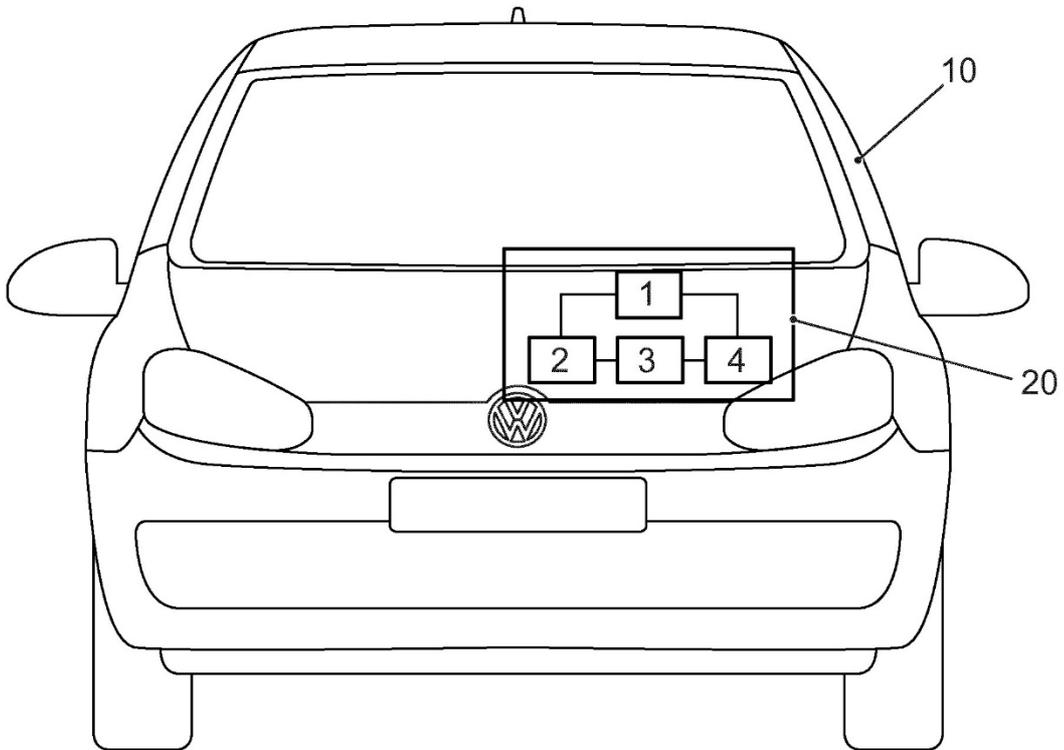


FIG. 4