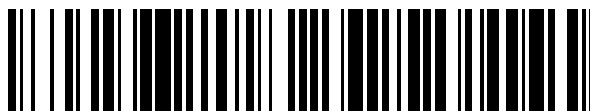


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 304**

51 Int. Cl.:

G01B 21/32 (2006.01)

G01M 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2012** **PCT/EP2012/071166**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013** **WO13060782**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2012** **E 12778724 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018** **EP 2771643**

54 Título: **Determinación del comportamiento de ruedas cargadas mediante simulación de la carga**

30 Prioridad:

25.10.2011 EP 11008537

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

03.05.2018

73 Titular/es:

SNAP-ON EQUIPMENT SRL A UNICO SOCIO
(100.0%)

Via Provinciale per Carpi, 33
42015 Correggio (RE), IT

72 Inventor/es:

SOTGIU, PAOLO;
BRAGHIROLI, FRANCESCO y
TRALLI, MARCO

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 666 304 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

Determinación del comportamiento de ruedas cargadas mediante simulación de la carga

5 Campo de la invención

[0001] La invención se refiere a un procedimiento para determinar el comportamiento de un neumático o rueda cargado, en particular un neumático o rueda de un vehículo de motor, la rueda o el conjunto de rueda que comprende una llanta y un neumático montado en la llanta. El comportamiento en este contexto se relaciona con fuerzas radiales o laterales que actúan sobre la rueda cargada, deformaciones del neumático o rueda resultantes de la carga, desigualdad radial o lateral de la rueda cargada, o cualquier otro comportamiento o efecto resultante de una carga ejercida sobre el neumático o rueda. Además, la invención se refiere a un sistema o a un aparato para llevar a cabo dichos procedimientos. En particular, la invención se refiere a un procedimiento y aparato mejorados para la determinación de dicho comportamiento de una rueda bajo carga simulando la carga.

Antecedentes de la técnica

[0002] Incluso cuando una rueda de un vehículo de motor neumático está equilibrada, las irregularidades en la construcción del neumático y la desigualdad de la llanta de la rueda pueden dar como resultado fuerzas de vibración importantes cuando la rueda está rodando bajo carga, que es la condición de funcionamiento normal. La suposición de que un conjunto de rueda/neumático que esté bien equilibrado en un estado sin carga también estará equilibrado cuando esté instalado en un vehículo y sujeto a una carga significativa resultante del peso del vehículo, no es necesariamente válido.

[0003] Las irregularidades en el comportamiento de una rueda cargada pueden ser el resultado de una desigualdad radial o lateral del neumático y/o la llanta, así como variaciones en la rigidez del neumático provocadas por la irregularidades en la construcción del neumático, tal como variaciones en la carcasa o el espesor de la pared del neumático (estructura del neumático), por ejemplo. Dichas irregularidades producen variaciones en el diámetro de rodamiento de la rueda cargada a lo largo de la circunferencia, es decir, dentro de la revolución de la rueda. Esto da como resultado movimientos verticales del eje de la rueda y, por lo tanto, fuerzas de vibración verticales que actúan sobre la suspensión de la rueda de un vehículo de conducción.

[0004] Es deseable determinar dichas irregularidades de una rueda cargada, tales como variaciones de fuerza y/o desigualdad. A continuación, las irregularidades determinadas se pueden usar durante el funcionamiento de un balanceador de ruedas o un cambiador de neumáticos para corregir las magnitudes o ubicaciones de los contrapesos o para identificar una posición de remontaje angular del conjunto de llanta/neumático, por ejemplo. Por lo tanto, se pueden mitigar, o incluso eliminar, los efectos desventajosos de dichas irregularidades de una rueda cargada.

[0005] Un balanceador de ruedas para determinar irregularidades, tales como las variaciones de fuerza radial o desigualdad radial de ruedas cargadas en rodamiento, es conocido por la patente de Estados Unidos 6.397.675. Con este balanceador de ruedas, se proporciona un rodillo de carga para aplicar una fuerza radial significativa al conjunto de la llanta/neumático (rueda) durante la rotación de la rueda. Se observa el movimiento del rodillo de carga durante la rotación de la rueda para medir la desigualdad radial de la rueda cargada. Además, las fuerzas de vibración de la rueda cargada en rodamiento se miden mediante los sensores de vibración del balanceador de ruedas.

[0006] Proporcionar un rodillo de carga para medir ruedas en rodamiento cargadas en condiciones realistas requiere la construcción masiva de un aparato de medición correspondiente a causa de las poderosas fuerzas normalmente aplicadas a la rueda mediante el rodillo de carga. Esto da como resultado un aparato pesado y voluminoso y aumenta los costes.

Resumen de la invención

[0007] Es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento y sistema mejorados para determinar el comportamiento de una rueda debido a una carga sin requerir la aplicación de poderosas fuerzas en la rueda.

[0008] Según la invención, este objetivo se resuelve con un procedimiento según la reivindicación 1 y un sistema según la reivindicación 11 y un programa informático según la reivindicación 13. Las reivindicaciones dependientes se refieren a desarrollos adicionales de la invención.

[0009] En un primer aspecto, la invención proporciona un procedimiento para determinar un comportamiento de un neumático cargado o rueda que comprende una llanta y un neumático montados en la llanta, el procedimiento que comprende las etapas de determinar un contorno de, al menos, una parte del neumático o rueda, que simula la carga del neumático o la rueda con, al menos, un elemento de carga virtual que se sostiene contra el neumático en, al menos, una posición giratoria del neumático o rueda sobre la base del contorno determinado, un desplazamiento del contorno determinado provocado por el elemento de carga virtual, y, al menos, un parámetro asociado al neumático, o rueda, o a una parte del neumático, y que determina el comportamiento del neumático o rueda cargados usando los resultados de la simulación.

[0010] Las irregularidades de la estructura del neumático normalmente dan como resultado, o están acompañadas por irregularidades de la forma del neumático, tanto en un estado descargado como cargado. En otras palabras, el comportamiento de un neumático o rueda bajo carga depende de su estructura, que a su vez puede derivarse, al menos en parte, de su forma o de las irregularidades de su forma. El contorno puede determinarse mediante un dispositivo de escaneo que escanea la superficie del neumático o rueda, por ejemplo, un dispositivo de escaneo óptico que proporciona datos tridimensionales sobre la superficie escaneada.

[0011] La simulación de la carga puede basarse en un contorno de cualquier parte del neumático. Los ejemplos del contorno utilizado para la simulación pueden ser, pero no se limitan a, un contorno interior del neumático opuesto a la superficie de la banda de rodadura, o se puede utilizar un contorno interior de las paredes laterales y la zona del talón, así como un contorno exterior que comprende, al menos, una parte de la superficie de la banda de rodadura del neumático y/o las paredes laterales del neumático, o un contorno que se corresponde con el diámetro de la rueda. Teniendo en cuenta que las paredes laterales del neumático pueden mejorar la exactitud de la simulación porque el contorno de las paredes laterales permite conclusiones sobre la deformación del neumático bajo la carga y rigidez del neumático, por ejemplo. La ubicación, extensión y forma del contorno a determinar y utilizar para la simulación se puede elegir según la aplicación prevista, o según los aspectos de comportamiento del neumático o rueda a determinar.

[0012] En un desarrollo adicional de la invención, se pueden determinar los contornos interior y exterior de las partes del neumático de manera que se pueda determinar un espesor de la pared de las partes del neumático respectivas. El hecho de tener datos sobre el espesor de la pared de las partes de los neumáticos permite una simulación muy exacta teniendo en cuenta la rigidez local de la pared de los neumáticos y la predicción de deformación de los neumáticos. Esto puede basarse en cálculos de elementos finitos, por ejemplo.

[0013] En otro desarrollo adicional independiente del primer aspecto de la invención, puede simularse la deformación del neumático completo provocado por la carga del neumático o la rueda en una posición giratoria respectiva con el fin de conseguir unos resultados más exactos. Para este propósito, se puede utilizar el modelo de anillo de un neumático que es conocido en el campo de la tecnología de neumáticos. Este modelo de anillo describe la deformación de un neumático completo bajo carga y permite, en conexión con el contorno determinado o el espesor de la pared de las partes de los neumáticos, calcular los desplazamientos de las partes de los neumáticos resultantes de la situación de simulación de la carga y las fuerzas correspondientes que actúan sobre las partes de neumático respectivas.

[0014] Durante la determinación del contorno de, al menos, una parte del neumático o la rueda, el neumático o rueda, preferentemente, está en un estado descargado. Sin embargo, también es posible determinar el contorno en un estado cargado de la rueda en el que la rueda se carga mediante un rodillo de carga física, o placa de carga, o mientras la rueda se sostiene sobre una superficie de carretera bajo carga (por ejemplo, cuando está montada en un vehículo). En este caso, una parte descargada del neumático, o rueda, puede escanearse para determinar el contorno, la parte descargada que está colocada frente al elemento de carga física, o superficie de carretera, o colocada en cualquier posición de ángulo giratorio con respecto a la rueda. Sin embargo, también es posible determinar el contorno de la parte cargada del neumático, es decir, la parte deformada y desplazada por un elemento de carga física o por la superficie de carretera (por ejemplo, escaneando ópticamente la superficie del neumático a través de un elemento de carga transparente, o escaneando las partes de neumático adyacentes al elemento de carga y suponiendo una deformación del neumático según la forma de la superficie conocida del elemento de carga en la zona de la zona de contacto entre el neumático y el elemento de carga).

[0015] En un desarrollo adicional independiente de la invención, es posible determinar primero un contorno en un estado descargado y posteriormente cargar la rueda con una carga conocida mientras se determina nuevamente el contorno. Por lo tanto, la rueda, preferentemente, no gira. Esto permite una estructura mecánica simple del equipo

de prueba y evita el desgaste físico del neumático y el equipo de prueba. De esta manera, ciertos parámetros del neumático se pueden determinar o estimar por adelantado, tales como índices de elasticidad, presiones de llenado, factores de deformación u otros parámetros que pueden usarse para las simulaciones de carga siguientes según el procedimiento de la invención. Esto permite adaptar, o calibrar, el aparato y el procedimiento de la invención con respecto a condiciones cambiantes tales como el tipo de neumático, la presión de llenado, etc.

[0016] Cuando se simula la carga del neumático, o rueda, con el elemento de carga virtual, el elemento de carga virtual nace, preferentemente, contra la banda de rodadura del neumático. Sin embargo, también es posible sostener el elemento de carga virtual contra cualquier otra parte del neumático, tal como una pared lateral en lugar de, o adicionalmente, sostener el elemento de carga virtual contra una parte de la banda de rodadura, con el fin de conseguir más información sobre el comportamiento del neumático bajo carga o para mejorar la precisión de los resultados de la simulación con información adicional. Además, también es posible usar más de un elemento de carga simultáneamente a fin de simular situaciones de carga arbitrarias.

[0017] En otro desarrollo independiente adicional de la invención, un neumático separado (que no está montado en una llanta) puede escanearse para determinar el contorno de, al menos, una parte del neumático que comprende la superficie interior y/o exterior de la banda de rodadura, las paredes laterales y las bandas de rodadura del neumático. De esta manera, es posible simular la carga de la rueda independientemente de una llanta física por medio de, al menos, dos elementos de carga virtuales. En este caso, un elemento de carga virtual puede representar una llanta y nacerá contra las bandas de rodadura del neumático, mientras que otro elemento de carga virtual puede representar un rodillo de carga o una superficie de carretera y nacerá contra la superficie exterior de la banda de rodadura, por ejemplo. Con este procedimiento, las llantas virtuales que tienen diferentes características (tales como el índice de elasticidad de la llanta, la anchura de la llanta, la forma de los bordes de la llanta, etc.) pueden usarse para determinar el comportamiento del neumático.

[0018] Preferentemente, el neumático o rueda se escanea en una pluralidad de posiciones giratorias alrededor de su circunferencia para conseguir un contorno completo del neumático o rueda. Esto permite la determinación de variaciones del comportamiento del neumático a lo largo de su circunferencia. Sin embargo, también es posible escanear el contorno de una sola posición giratoria del neumático o rueda para obtener información útil sobre el comportamiento del neumático o rueda. En este caso, se puede suponer que el contorno determinado es constante a lo largo de la circunferencia del neumático o rueda. Para mejorar ese procedimiento simplificado de la invención, la única posición giratoria cuyo contorno se debe determinar puede elegirse para coincidir con la de la desviación radial máxima u otros parámetros de elección.

[0019] El, al menos, un parámetro asociado al neumático o rueda, o a una parte del neumático, comprende al menos uno entre un índice de elasticidad asociado a la llanta, una presión de llenado del neumático, un índice de elasticidad asociado al neumático, un índice de elasticidad asociado a una parte del neumático, un desplazamiento del contorno determinado provocado por el elemento de carga virtual, un espesor de la pared de las partes respectivas del neumático, y una deformación del contorno determinado provocado por el elemento de carga virtual.

[0020] El comportamiento del neumático o rueda que se determina mediante el procedimiento de la invención comprende, al menos, una entre una fuerza ejercida entre el neumático y el elemento de carga virtual, una fuerza ejercida entre el neumático y la llanta, una fuerza ejercida por la llanta o rueda sobre un eje giratorio de la rueda, una deformación o desplazamiento del neumático o de una parte del neumático, una deformación de la llanta, una variación de una de dichas fuerzas o deformaciones o desplazamientos con respecto a una pluralidad de simulaciones de carga relacionadas a una pluralidad de posiciones giratorias del neumático o rueda. Que las fuerzas o deformaciones o desplazamientos se pueden determinar en, al menos, una entre una dirección radial, una dirección lateral y una dirección circunferencial con respecto al neumático o rueda. Además, el comportamiento puede comprender, al menos, uno entre un promedio, un valor de pico a pico, un primer armónico y un armónico superior de, al menos, una de dichas variaciones de dichas fuerzas o deformaciones o desplazamientos.

[0021] En otro desarrollo adicional independiente del primer aspecto de la invención, la etapa de simular la carga de una posición giratoria respectiva del neumático o rueda comprende simular una pluralidad de diferentes condiciones de carga, en la que las diferentes condiciones de carga comprenden, preferentemente, magnitudes de carga diferentes o variables y/o valores diferentes o variables de, al menos, un parámetro asociado al neumático o rueda o a una parte del neumático. Adicionalmente, la etapa de simulación puede comprender además determinar un resultado de simulación para cada posición giratoria respectiva del neumático o rueda sobre la base de una pluralidad de simulaciones de diferentes condiciones de carga, preferentemente promediando.

[0022] En el siguiente texto de la descripción, las irregularidades del neumático o la rueda deben entenderse como un ejemplo del comportamiento del neumático o la rueda. Por lo tanto, el término irregularidad debe interpretarse en el sentido amplio de un comportamiento de neumático o rueda resultante de la carga del neumático, si no se limita a irregularidades especiales (como la desigualdad radial o lateral de la geometría o fuerza radial, por ejemplo) en el contexto técnico.

[0023] En un desarrollo adicional del primer aspecto, el procedimiento comprende las etapas de determinar el contorno exterior de, al menos, una parte de la rueda descargada, la parte que comprende, al menos, una banda de rodadura del neumático, que simula la carga de la rueda con un elemento de carga virtual que se sostiene contra la banda de rodadura del neumático para una pluralidad de posiciones giratorias de la rueda sobre la base del contorno exterior determinado, un desplazamiento del contorno exterior determinado provocado por el elemento de carga virtual, y un índice de elasticidad predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático, y que determina las irregularidades de la rueda cargada usando los resultados de la simulación.

[0024] En otras palabras, en una primera etapa, se escanea el contorno exterior de una rueda y se obtienen los datos de contorno de la rueda. Los datos de contorno pueden comprender una pluralidad de secciones transversales radiales del contorno exterior de la rueda o de la parte escaneada de la rueda en una representación bidimensional, en la que cada sección transversal radial está asociada a una cierta posición giratoria de la rueda. En una siguiente etapa, se considera una de las secciones transversales radiales de los datos de contorno y un elemento de carga virtual representado por una línea paralela al eje de la rueda se mueve virtualmente en dirección radial al eje de la rueda desplazando y deformando de este modo la sección transversal radial del contorno exterior, en particular la parte de la banda de rodadura del mismo. Dado que el neumático proporciona resistencia a dicha deformación y desplazamiento del contorno exterior debido a la presión de inflado del neumático y la rigidez del material del neumático, el desplazamiento virtual de cada parte individual (infinitesimal) de la sección transversal radial del contorno exterior provocado por el elemento de carga virtual de avance se puede representar mediante un desplazamiento (compresión) de un pequeño resorte virtual que tiene un cierto índice de elasticidad predeterminado. Una fuerza requerida para desplazar la parte individual del contorno exterior en la medida efectuada por el elemento de carga virtual puede obtenerse de la distancia de desplazamiento con respecto a la posición descargada mediante el índice de elasticidad predeterminado y la ley de Hooke. La integración de las fuerzas individuales (infinitesimales) de las partes de contorno individuales a lo largo de la sección transversal radial del contorno exterior provoca la fuerza total que se requiere para mover y sostener el elemento de carga virtual en la posición considerada. Por lo tanto, se obtiene una fuerza de carga total asociada a una determinada posición del elemento de carga que tiene una cierta distancia al eje de la rueda. Alternativamente, también es posible avanzar gradualmente el elemento de carga virtual en dirección al eje de la rueda hasta que se consigue una cierta fuerza de carga total. Por lo tanto, se obtiene una posición del elemento de carga asociada a cierta fuerza de carga total. Esto se repite para cada posición giratoria de la rueda a fin de obtener una fuerza de carga total respectiva, o alternativamente, una posición del elemento de carga respectiva asociada a la sección transversal radial del contorno exterior determinada para esa posición giratoria de la rueda. Como en realidad una rueda no es perfectamente simétrica ni perfectamente circular, las secciones radiales del contorno exterior asociadas a diferentes posiciones giratorias de la rueda pueden ser diferentes. Esto da como resultado diferentes valores de la fuerza de carga total o la posición del elemento de carga, respectivamente. Así, por ejemplo, se puede determinar una fuerza radial variable (fuerza de carga) o un radio de rodamiento variable de una rueda que rueda bajo carga a partir de la pluralidad de fuerzas de carga o posiciones del elemento de carga, respectivamente, determinadas según la simulación descrita anteriormente.

[0025] Mediante la carga simulada de la rueda con un elemento de carga virtual, no es necesario proporcionar un rodillo de carga real de modo que un aparato de medición puede ser menos voluminoso y pesado y los costes de dicho aparato se pueden reducir. Esto es válido en particular en el caso de una máquina de servicio de vehículos que ya comprende un dispositivo de escaneo capaz de escanear el contorno exterior de la rueda que se va a manipular.

[0026] En un desarrollo adicional de la invención, la etapa de simulación comprende cargar simuladamente la rueda con una fuerza predeterminada ejercida por el elemento de carga virtual, mientras que la etapa de determinar las irregularidades comprende determinar la desigualdad radial de la rueda cargada. Esto se corresponde con una condición de funcionamiento realista en la que la rueda está cargada con cierto peso del vehículo de conducción. Por lo tanto, por ejemplo, se puede estimar el movimiento vertical del eje de la rueda durante la conducción a baja velocidad, cuando el efecto de amortiguación del sistema de suspensión no mitiga significativamente dicho movimiento.

[0027] Según un aspecto adicional de la invención, la etapa de simulación puede comprender variar y establecer un desplazamiento del contorno exterior determinado por las respectivas posiciones giratorias de una rueda

provocadas por el elemento de carga virtual de modo que una fuerza de carga calculada a partir del desplazamiento y el índice de elasticidad predeterminado es constante para todas las posiciones giratorias de la rueda, mientras que la etapa de determinar las irregularidades comprende determinar, al menos, una entre una variación del desplazamiento de la banda de rodadura y una distancia variable del elemento de carga virtual al eje de rotación de la rueda que varía a lo largo de la dirección circunferencial de la rueda.

[0028] En otro desarrollo independiente de la invención, la etapa de simulación comprende cargar simuladamente la rueda mientras se proporciona una distancia predeterminada entre el elemento de carga virtual y un eje de rotación de la rueda, y la etapa de determinar las irregularidades comprende determinar la variación de fuerza radial de la rueda cargada. Esto se corresponde con una condición de funcionamiento realista en la que la rueda cargada rueda con una distancia significativamente constante entre el eje de la rueda y la superficie de carretera. Así, por ejemplo, se pueden estimar las fuerzas de vibración verticales que actúan sobre el sistema de suspensión durante la conducción a alta velocidad, cuando el efecto de amortiguación del sistema de suspensión mitiga significativamente los movimientos verticales del eje de la rueda.

[0029] Según otro aspecto independiente de la invención, la etapa de simulación puede comprender mantener constante la distancia entre el elemento de carga virtual y el eje de la rueda y calcular una fuerza de carga respectiva para todas las posiciones giratorias de la rueda a partir del índice de elasticidad predeterminado y el desplazamiento del contorno exterior determinado provocado por el elemento de carga virtual, mientras que la etapa de determinar las irregularidades comprende determinar a partir de dichas fuerzas de carga que varían a lo largo de la dirección circunferencial de la rueda una variación de fuerza radial de la rueda cargada.

[0030] En otro desarrollo independiente de la invención, la etapa de determinar irregularidades comprende además determinar, al menos, una entre una variación de fuerza lateral o una desigualdad lateral de la rueda cargada. Por lo tanto, se pueden evaluar las fuerzas laterales que influyen en la estabilidad de conducción y, en particular, la estabilidad direccional del vehículo.

[0031] En otro desarrollo independiente de la invención, al menos un parámetro antedicho puede corregirse según, al menos, uno entre un tipo de neumático, un tamaño de neumático, una presión de inflado de neumático y un tipo de llanta, un desplazamiento del elemento de carga virtual, un desplazamiento o deformación del contorno determinado provocado por el elemento de carga, una clase de vehículo, un peso del vehículo, un reparto del peso del vehículo en los ejes del vehículo, una geometría de suspensión del vehículo, y datos exactos de modelo del vehículo. Todos los parámetros tienen más o menos influencia sobre la rigidez del neumático y la intensidad local del índice de elasticidad, de manera que su consideración aumenta aún más la exactitud de la simulación. Estos parámetros pueden medirse o determinarse automáticamente o pueden ser introducidos por el operario, por ejemplo, o pueden obtenerse de una base de datos.

[0032] Según un aspecto adicional de la invención, que es independiente de los aspectos anteriores, la etapa de determinar el contorno exterior de la rueda puede comprender determinar una desigualdad radial y/o una desigualdad lateral de la llanta, en la que la etapa de simulación comprende la consideración de la desviación radial o lateral determinada de la llanta. El conocimiento de la desigualdad radial o lateral de la llanta es ventajoso a fin de separar la influencia de la llanta y la influencia del neumático sobre el contorno exterior determinado de la rueda y las irregularidades determinadas de la rueda cargada, respectivamente. Por lo tanto, la simulación de la carga se puede aumentar en exactitud, y además, se puede determinar, por ejemplo, una posición de remontaje angular del conjunto de llanta/neumático a fin de mitigar o eliminar la desigualdad radial o lateral del conjunto de llanta/neumático.

[0033] Además, el índice de elasticidad predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático puede ser un índice de elasticidad infinitesimal que se supone constante en toda la superficie de la banda de rodadura, o puede variar alternativamente según una posición axial de una parte de banda de rodadura asociada. Esta variación del índice de elasticidad se puede conseguir mediante la función de ponderación correspondiente. Por lo tanto, por ejemplo, se puede tener en cuenta la influencia mayor de las partes de borde en la dirección axial de la banda de rodadura sobre la rigidez del neumático y el índice de elasticidad para aumentar la exactitud de la simulación de la carga. Las partes de llanta en la dirección axial de la banda de rodadura en general son más rígidas, es decir, tienen un mayor índice de elasticidad, debido a la influencia de las paredes laterales del neumático que se deforman cuando se desliza la parte de llanta de la banda de rodadura.

[0034] Además e independiente de los aspectos anteriores, el índice de elasticidad predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático puede ser un índice de elasticidad infinitesimal que varía según la posición radial de una parte de banda de rodadura asociada. Por otro lado, esta variación del índice de elasticidad se puede

conseguir mediante la función de ponderación correspondiente. Por lo tanto, por ejemplo, la desviación del contorno del neumático a partir de una circunferencia circular perfecta resultante de las irregularidades de la estructura del neumático se puede tener en cuenta para aumentar la exactitud de la simulación de la carga. Se supone que dichas irregularidades en la estructura del neumático no solo dan como resultado variaciones en el contorno del neumático, sino también variaciones en la rigidez del neumático. Por lo tanto, existe una relación entre la posición radial de una parte de banda de rodadura descargada y su índice de elasticidad asociado.

[0035] Además e independiente de los aspectos anteriores, el índice de elasticidad predeterminado puede ser un índice de elasticidad infinitesimal no lineal que varía según el desplazamiento de la banda de rodadura del neumático provocado por la carga. Esto tiene en cuenta ventajosamente que el desplazamiento de una parte de la banda de rodadura al principio (es decir, desplazamiento pequeño) se ve influenciado principalmente por deformaciones geométricas locales del material del neumático, mientras que con grandes desplazamientos de la banda de rodadura otros factores tales como la presión de inflado del neumático y la deformación de la pared lateral del neumático ganan influencia con diferente intensidad. De esta manera, se puede aumentar la exactitud de la simulación de la carga.

[0036] Según un aspecto adicional de la invención, la etapa de simulación puede usar el contorno exterior determinado de una única sección transversal radial de la rueda. De esta manera, el cálculo y la simulación de la carga de la rueda en la posición giratoria correspondiente de la rueda es relativamente sencillo y puede proporcionar una exactitud suficiente de los resultados para varias aplicaciones de servicio, tales como diagnósticos de neumáticos que proporcionan una sencilla evaluación buena/mala, por ejemplo. A esto, preferentemente, se pueden hacer suposiciones adecuadas de los parámetros requeridos, en particular la cantidad del índice de elasticidad asociado de la parte de la banda de rodadura y su variación según la posición axial y/o la posición radial así como su no linealidad según el desplazamiento de la banda de rodadura debido a la carga.

[0037] En un desarrollo adicional de la invención, que es independiente de los otros aspectos, la etapa de simulación puede usar el contorno exterior determinado de una pluralidad de secciones transversales radiales adyacentes de la rueda para simular una zona de contacto entre el elemento de carga virtual y la banda de rodadura del neumático. De esta manera, se puede conseguir una simulación de la carga más exacta basada en una deformación del neumático más realista debido a la carga. Además, es posible simular la carga de la rueda con elementos de carga virtuales con diferentes formas y tener en cuenta el desplazamiento variable de diferentes partes de la banda de rodadura y/o la presión de contacto variable dentro de la zona de contacto entre la banda de rodadura del neumático y la superficie del elemento de carga virtual. Por ejemplo, se pueden simular rodillos de carga con diferentes diámetros, así como un elemento de carga plano que representa una superficie de carretera. En particular, es ventajoso simular la carga de la rueda con un elemento de carga plano, ya que está más cerca de las condiciones de funcionamiento reales de una rueda que circula sobre una superficie de carretera.

[0038] La zona de contacto simulada puede ser una zona de contacto entre el neumático y un rodillo de carga virtual que tiene un cierto radio, o entre el neumático y una correa de carga virtual que tiene un cierto radio de hundimiento entre dos rodillos de soporte, o entre el neumático y una superficie plana tal como una superficie de carretera. Adicionalmente, la zona de contacto del neumático y el elemento de carga virtual conformado respectivamente se pueden simular aplicando una función de ponderación respectiva a las simulaciones de las respectivas secciones transversales radiales adyacentes del neumático o rueda. También son viables otros procedimientos de consideración de la forma del elemento de carga virtual, tales como la adaptación de los parámetros locales usados para la simulación en función de la posición giratoria de la parte respectiva de neumático con respecto al centro de la zona de contacto.

[0039] En un aspecto adicional de la invención, puede calcularse un contorno exterior promedio de la rueda descargada a partir de los datos de contorno escaneados que representan una rueda circular perfecta. A partir de este contorno exterior promedio, se pueden determinar las desviaciones del contorno exterior escaneado y se puede corregir, por ejemplo, el índice de elasticidad predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático. Además, las irregularidades tales como la desigualdad radial o lateral o las variaciones de la fuerza radial o lateral de la rueda cargada se pueden determinar sobre la base de un primer armónico de las desviaciones de los valores promedio calculados. También es posible determinar dichas irregularidades sobre la base de los valores pico a pico resultantes de la simulación de la carga.

[0040] En otro desarrollo adicional independiente de la invención, la carga del neumático o rueda con el elemento de carga virtual se adapta en función de los parámetros del vehículo, tales como el peso total del vehículo, el reparto del peso del vehículo en cada eje del vehículo, clase de vehículo, geometría de suspensión. A esto, puede

adaptarse el desplazamiento del elemento de carga virtual, o puede adaptarse la fuerza ejercida por el elemento de carga virtual, por ejemplo. También es viable adaptar la forma del elemento de carga virtual en función de los parámetros del vehículo.

- 5 **[0041]** En otro desarrollo independiente adicional de la invención, la zona de contacto simulada es una zona de contacto entre el neumático y un rodillo de carga virtual que tiene un cierto radio, o entre el neumático y una correa de carga virtual que tiene un cierto radio de hundimiento, o entre el neumático y una superficie plana como una superficie de carretera. Adicionalmente, la zona de contacto del neumático y el elemento de carga virtual conformado respectivamente se pueden simular aplicando una función de ponderación respectiva a las simulaciones de las
- 10 respectivas secciones transversales radiales adyacentes del neumático o rueda. También son viables otros procedimientos de consideración de la forma del elemento de carga virtual, tales como la adaptación de los parámetros locales usados para la simulación en función de la posición giratoria de la parte respectiva de neumático con respecto al centro de la zona de contacto.
- 15 **[0042]** Según otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema para determinar las irregularidades de una rueda cargada que comprende una llanta y un neumático montado en la llanta. El sistema comprende un dispositivo de escaneo para escanear el contorno exterior de la rueda descargada, y un dispositivo informático conectado al dispositivo de escaneo. El dispositivo informático recibe del dispositivo de escaneo datos que representan el contorno exterior de la rueda descargada y utiliza valores por defecto o medidos o valores introducidos para los
- 20 parámetros requeridos, tales como la presión de inflado de los neumáticos, las dimensiones de la llanta y el neumático, el tipo de llanta y neumático, y el índice de elasticidad de la banda de rodadura del neumático y las variaciones asociadas del mismo, para simular la carga de la rueda y determinar las irregularidades tales como la desigualdad radial o lateral o las variaciones de la fuerza radial o lateral de la rueda cargada tal como se ha explicado anteriormente.
- 25 **[0043]** El sistema puede ser un sistema autónomo o puede formar parte de cualquier equipo de prueba de neumáticos o ruedas. Dicho sistema autónomo puede ser portátil de manera que pueda usarse en cualquier lugar para evaluar la calidad de los neumáticos. Por ejemplo, puede usarse en la fabricación de neumáticos para evaluar la calidad de los neumáticos producidos. En este caso, es especialmente ventajoso que también se pueda usar una llanta virtual en la simulación del comportamiento del neumático. Por lo tanto, es posible escanear únicamente la
- 30 superficie del neumático (contorno interior y/o exterior) de un neumático separado sin llanta y simular el comportamiento del neumático montado en las llantas admisibles sin montar físicamente el neumático en una llanta y sin girar físicamente el conjunto de rueda bajo carga. Por lo tanto, se puede ahorrar mucho tiempo y dinero.
- [0044]** El sistema puede ser un sistema independiente o incluso un sistema móvil manejable o portátil que se
- 35 puede colocar cerca de una rueda montada en un vehículo y elevada del suelo para girar libremente la rueda. La rueda se puede girar a mano o mediante un dispositivo técnico de manera que el dispositivo de escaneo del sistema pueda escanear toda la circunferencia de la rueda. Alternativamente, la rueda puede mantenerse fija y el dispositivo de escaneo puede hacerse girar alrededor de la rueda. Según otro aspecto de la invención, el sistema puede ser parte de un carril de prueba que no requiere que el vehículo sea elevado; más bien, la rueda es puesta en rotación con los
- 40 rodillos del carril de prueba (tal como un banco de prueba de rodillos, por ejemplo) y, posteriormente, se escanea toda la circunferencia de la rueda. Con dicha configuración, los rodillos se utilizan para transmitir movimiento a la rueda, mientras que la adquisición de datos del contorno de la rueda se lleva a cabo sin contacto mediante el dispositivo de escaneo. La posición giratoria correspondiente de la rueda puede obtenerse a partir de los datos de escaneo que comprenden características identificables del neumático o llanta, de manera que es posible una asignación inequívoca
- 45 del contorno de la superficie escaneada a la posición giratoria asociada. Dicho sistema es ventajoso para verificar rápida y cómodamente las características de uniformidad de una rueda mientras está montada en un vehículo para fines de diagnóstico, por ejemplo, y no requiere desmontar la rueda y montarla en un soporte giratorio de un aparato de servicio tal como un cambiador de neumáticos o un balanceador de ruedas.
- 50 **[0045]** Según otro aspecto de la invención, el sistema puede montarse a bordo de un vehículo. Con este fin, un dispositivo de escaneo para determinar el contorno de un neumático o rueda puede estar dispuesto en una carcasa de rueda del vehículo y puede escanear el neumático o rueda durante el funcionamiento del vehículo. La información de la posición giratoria de la rueda del vehículo para asociar una parte de contorno escaneado a una posición angular giratoria de la rueda puede obtenerse a partir de otros sistemas del vehículo, tales como el sistema de transmisión o
- 55 el sistema de freno (sensores ABS). La información sobre el comportamiento de un neumático obtenido mediante un sistema a bordo de este tipo se puede utilizar para informar al conductor sobre las condiciones de las ruedas o los neumáticos, o para ajustar automáticamente el sistema de suspensión del vehículo a fin de mejorar las características de conducción del vehículo, por ejemplo.

[0046] En otro aspecto independiente de la invención, dicho sistema a bordo puede comunicar los datos obtenidos sobre el comportamiento de neumáticos o ruedas a cualquier clase de equipo de servicio automotriz por cable o inalámbrico, de manera que los datos puedan evaluarse o usarse para operaciones de servicio y toma de decisiones. Por ejemplo, un sistema de alineación de ruedas de un vehículo puede usar los datos de comportamiento de llanta o rueda para mejorar el proceso de alineación.

[0047] Según otro aspecto de la invención, el dispositivo de escaneo comprende un escáner óptico capaz de detectar sin contacto la superficie exterior de la rueda y proporcionar datos tridimensionales del contorno exterior de, al menos, una parte de la rueda, la parte que comprende al menos una banda de rodadura del neumático. El escaneo puede realizarse mediante un sistema láser u otro sistema óptico que emita un haz de luz sobre la superficie de la rueda. La luz dispersa o reflejada que regresa de la superficie de la rueda se recibe en un receptor óptico, en el que la distancia del punto de incidencia de luz en la superficie de la rueda hasta la fuente de luz del receptor de luz se determina según los procedimientos conocidos en la técnica. Por lo tanto, se puede generar y representar una imagen o modelo tridimensional de la superficie de la rueda en forma de datos tridimensionales de contorno.

[0048] Otra posible tecnología de escaneo conocida en la técnica proporciona datos de contorno tridimensionales de la superficie de la rueda emitiendo un haz de luz en forma de una lámina plana (tecnología de lámina de luz) que incide sobre la superficie de la rueda en forma de una línea delgada. Esta línea se observa desde un ángulo de visión oblicuo por una cámara, por ejemplo, y aparece deformada según el contorno de la superficie de la rueda. La posición espacial exacta y el contorno de la superficie de la rueda se pueden obtener a partir de la ubicación y la deformación de la línea de luz recibida en el receptor. También son viables otras tecnologías para determinar el contorno exterior de la rueda descargada, como el escaneo mecánico con sensores de contacto u otros procedimientos de contacto o procedimientos sin contacto, como el escaneo ultrasónico, etc. La tecnología utilizada para escanear la superficie de la rueda no es crítica para la invención siempre que proporcione datos del contorno exterior de la rueda que tengan suficiente exactitud.

[0049] Según un aspecto adicional, la invención proporciona un aparato de servicio de vehículos que comprende un sistema para determinar el comportamiento o las irregularidades de una rueda cargada usando la simulación de la carga de la rueda con un elemento de carga virtual y el contorno exterior determinado de la rueda descargada junto con un índice de elasticidad predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático, tal como se explica anteriormente. Un dispositivo de escaneo del aparato utilizado para otros fines de diagnóstico, tal como determinar la desigualdad de la rueda descargada, por ejemplo, puede usarse para proporcionar los datos del contorno exterior de la rueda descargada necesarios para llevar a cabo la invención. También se puede usar un dispositivo informático ya incorporado en el aparato de servicio de vehículos para realizar la simulación de la carga según la presente invención simplemente añadiendo las características de software adicionales. Por lo tanto, se puede proporcionar un procedimiento y un aparato muy cómodo y rentable para determinar las irregularidades de una rueda cargada.

[0050] El aparato de servicio de vehículos puede ser un balanceador de ruedas, un aparato de montaje/desmontaje de neumáticos o cualquier otra clase de aparato de preparación/prueba de ruedas utilizado para probar las ruedas premontadas en una línea de montaje de vehículos de un fabricante de vehículos, por ejemplo.

[0051] Según un aspecto adicional de la invención, el comportamiento determinado o las irregularidades de la rueda cargada se pueden aprovechar y considerar durante la operación de servicio llevada a cabo por el aparato de servicio de vehículos. Por lo tanto, en un balanceador de ruedas, la posición y la magnitud de los contrapesos pueden corregirse según el comportamiento determinado o las irregularidades en una operación de balanceador de ruedas. En un dispositivo de montaje de neumáticos, también es posible cambiar la posición del montaje angular de un neumático en la llanta según el comportamiento determinado o las irregularidades de la rueda cargada para mitigar o eliminar las variaciones de fuerza y la desigualdad radial y/o la dirección lateral compensando la desigualdad de la llanta con las irregularidades determinadas del neumático, por ejemplo, y viceversa.

[0052] En un desarrollo adicional de la invención, es posible mostrar a un operario, al menos uno, de los contornos exteriores determinados, los resultados de la simulación de la carga, las irregularidades determinadas y el resultado del diagnóstico de neumáticos. Posteriormente, el operario puede decidir cómo proceder con la rueda. Por ejemplo, el operario puede decidir repetir la simulación con los parámetros modificados o con una mayor precisión, si se ha realizado una simulación sencilla utilizando los parámetros predeterminados y/o el contorno de una sola sección transversal radial del neumático. El sistema o aparato que lleva a cabo la invención también puede proporcionar indicaciones de si el neumático o la llanta están defectuosos y deben ser reemplazados, o si la combinación de llanta/neumático debería remontarse con posición angular desplazada entre sí, por ejemplo.

[0053] Según un aspecto adicional de la invención, un sistema para determinar el comportamiento o las irregularidades de una rueda cargada mediante la simulación de la carga de la rueda con un elemento de carga virtual usando el contorno exterior determinado de la rueda descargada y un índice de elasticidad predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático se puede integrar en un aparato de servicio de la rueda totalmente automático capaz de montar/desmontar y/o balancear el conjunto de llanta/neumático.

[0054] Según una realización adicional de la invención, se proporciona un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador que lleva instrucciones legibles por ordenador que, cuando se ejecutan mediante un ordenador, permiten que el ordenador ejecute un procedimiento según la invención.

[0055] Según un aspecto independiente adicional de la invención, se proporciona un vehículo que comprende un sistema de determinación del comportamiento de una rueda o neumático según la invención, en el que el vehículo está configurado para usar la información sobre el comportamiento de un neumático o rueda obtenida con el sistema para informar al conductor sobre las condiciones de las ruedas o los neumáticos, o para ajustar automáticamente un sistema técnico del vehículo, preferentemente, el sistema de suspensión del vehículo a fin de mejorar las características de conducción del vehículo.

[0056] Según un aspecto independiente adicional de la invención, se proporciona un sistema de servicio automotriz, preferentemente un sistema de alineación de ruedas, junto con un vehículo según el aspecto anterior de la invención, el sistema de servicio automotriz que comprende un dispositivo de procesamiento de datos configurado para recibir, a través de una conexión de comunicación por cable o inalámbrica, datos sobre el comportamiento del neumático o rueda de un vehículo que comprende un sistema de determinación del comportamiento de un neumático o rueda según la invención, y para evaluar o utilizar los datos para una operación de servicio, preferentemente, para mejorar un procedimiento de alineación de las ruedas. También otros sistemas de servicio automotriz tales como balanceadores de ruedas pueden configurarse para recibir y usar los datos de comportamiento de neumáticos o ruedas de un vehículo que tiene el sistema de determinación del comportamiento de neumáticos o ruedas de la invención.

[0057] A continuación, se describen otras ventajas y realizaciones del procedimiento y sistema de la invención junto con los dibujos adjuntos. De este modo, las expresiones izquierda, derecha, abajo y arriba se refieren a los dibujos en una orientación de los dibujos que permite la lectura normal de los números de referencia.

Breve descripción de los dibujos

[0058]

La Fig. 1 es un diagrama que muestra una parte de un contorno exterior determinado de una sección transversal radial de una rueda descargada y una línea L a la que se deformará el contorno exterior bajo carga simulada;

La Fig.2 es un diagrama que muestra un ejemplo de función de ponderación utilizada para variar el índice de elasticidad predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático en la dirección axial de la rueda.

La Fig.3 es un diagrama que muestra otro ejemplo de función de ponderación utilizada para variar el índice de elasticidad predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático en la dirección axial de la rueda;

La Fig.4 es un diagrama que muestra un ejemplo de una función de ponderación utilizada para variar el desplazamiento simulado de la banda de rodadura del neumático a lo largo de una circunferencia de un rodillo de carga virtual;

La Fig.5 es un diagrama que muestra un ejemplo de otra función de ponderación utilizada para variar el desplazamiento simulado de la banda de rodadura del neumático a lo largo de una circunferencia de otro rodillo de carga virtual; y

La Fig.6 es un diagrama que muestra un ejemplo de separación entre los efectos generados por la llanta de la rueda y los efectos generados por el neumático de la rueda.

REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCION

[0059] A continuación, de la pluralidad de realizaciones de la invención descrita anteriormente, solo se describen las realizaciones más preferidas con respecto a los dibujos. En particular, el procedimiento y el aparato de la invención se pueden usar como un sistema autónomo, o en conexión con, o incorporados en cualquier dispositivo

de servicio de taller automotriz tal como un balanceador de ruedas, una máquina de montaje/desmontaje de neumáticos, un banco de pruebas de rodillos para pruebas de frenos o un dinamómetro, un sistema alineación de ruedas, etc. Además, incluso si se muestra un contorno exterior de la banda de rodadura del neumático en los dibujos y se describe en las siguientes explicaciones de las realizaciones más preferidas, la invención no se limita a estas realizaciones específicas, como resulta evidente a partir de las otras realizaciones descritas anteriormente. El novedoso principio de la invención se puede aplicar usando el contorno de varias partes del neumático determinadas en un estado descargado o cargado del neumático, y utilizando diversos elementos de carga virtuales que se sostienen contra una variedad de partes de neumático. Por lo tanto, se puede determinar una gran variedad de comportamientos del neumático o rueda mediante la simulación según la invención.

[0060] A continuación, se describirá una primera realización preferida de la invención con respecto a la Fig. 1:

[0061] La Fig. 1 muestra una parte de un contorno exterior de una sección transversal radial de una rueda descargada. En la Fig. 1, el eje x representa una coordenada axial paralela al eje de la rueda, mientras que el eje y representa una coordenada radial perpendicular al eje de la rueda. La parte representada comprende la superficie de la banda de rodadura y partes de las paredes laterales del neumático.

[0062] Según el procedimiento de la invención, puede ser suficiente escanear y determinar una parte de la rueda que se corresponde con la representada en la Fig. 1. Sin embargo, también es posible, y para algunos desarrollos dispositivos láser capaces de generar información de distancia y proporcionar datos de contorno 3D de una superficie de rueda escaneada. Otros dispositivos de escaneo óptico que utilizan haces de luz lineales planos que generan líneas de luz sobre la superficie de la rueda y evalúan imágenes de las líneas de luz deformadas por el contorno de la superficie de la rueda también son conocidos en la técnica y son adecuados para los fines de la presente invención. Dichos dispositivos de escaneo óptico tal como se han mencionado anteriormente son capaces de proporcionar el contorno exterior de una rueda escaneada con una precisión muy alta de varios cientos o miles de puntos de detección por sección transversal radial. En la dirección circunferencial de la rueda, se escanean preferentemente varios centenares o más de miles de posiciones giratorias de la rueda, de manera que se puede determinar un número suficiente de secciones transversales radiales del contorno exterior de la rueda.

[0063] Para determinar el contorno exterior de la rueda descargada alrededor de la circunferencia de la rueda, la rueda se gira de manera que un dispositivo de escaneo escanea la superficie de la rueda mediante un haz láser, por ejemplo, a fin de generar una imagen tridimensional (modelo) del contorno exterior de la rueda. En la técnica se conocen dispositivos láser capaces de generar información de distancia y proporcionar datos de contorno 3D de una superficie de rueda escaneada. Otros dispositivos de escaneo óptico que utilizan haces de luz lineales planos que generan líneas de luz sobre la superficie de la rueda y evalúan imágenes de las líneas de luz deformadas por el contorno de la superficie de la rueda también son conocidos en la técnica y son adecuados para los fines de la presente invención. Dichos dispositivos de escaneo óptico tal como se han mencionado anteriormente son capaces de proporcionar el contorno exterior de una rueda escaneada con una precisión muy alta de varios cientos o miles de puntos de detección por sección transversal radial. En la dirección circunferencial de la rueda, se escanean preferentemente varios centenares o más de miles de posiciones giratorias de la rueda, de manera que se puede determinar un número suficiente de secciones transversales radiales del contorno exterior de la rueda.

[0064] Después de haber determinado el contorno exterior de la rueda descargada, se simula la carga de la rueda (es decir, el conjunto de llanta/neumático) con un elemento de carga virtual. A esto, el contorno exterior de una única sección transversal radial como se muestra en la Fig. 1, por ejemplo, es superpuesto por una línea L que es, preferentemente, paralela al eje de la rueda. Sin embargo, también es posible usar una línea L no paralela al eje de la rueda para simular una carga asimétrica que puede ser el resultado de una inclinación positiva o negativa de la rueda de un vehículo, por ejemplo. Esta línea L representa la superficie de un elemento de carga virtual que se sostiene contra la banda de rodadura del neumático. En otras palabras, se supone que el contorno exterior de la banda de rodadura del neumático está desplazado y deformado de manera que las partes más exteriores de la banda de rodadura, es decir, las tierras entre las ranuras de la banda de rodadura, coinciden con la línea L. La cantidad de desplazamiento ΔL_i de las partes individuales a lo largo del contorno, representadas por pequeños resortes simbólicos en la Fig. 1, se pueden determinar mediante una sencilla resta geométrica de los datos de posición espaciales.

[0065] Tal como se ha mencionado anteriormente, también sería posible usar el contorno de otras partes superficiales de un neumático, tal como el contorno interior de la parte de la banda de rodadura del neumático, por ejemplo. Sin embargo, los resultados de la simulación suelen ser más exactos cuando se utiliza un contorno exterior que comprende la parte de la banda de rodadura del neumático. Se puede conseguir un resultado de simulación aún mejor cuando se determinan y se utilizan tanto el contorno exterior como el contorno interior de un neumático durante la simulación. Por lo tanto, se puede tener en cuenta el espesor de la pared de las partes de neumático respectivas que influye sobre la rigidez del neumático, por ejemplo. La determinación del contorno interior de una parte del neumático puede conseguirse mediante un sistema de escaneo capaz de escanear la superficie interior de un neumático antes de montar el neumático sobre la llanta. En ciertas aplicaciones no es necesario montar el neumático en una llanta para nada. En este caso, solo se escanea la superficie del neumático para determinar el contorno, preferentemente, pero no necesariamente, tanto el contorno interior como exterior del neumático. Posteriormente, la

simulación de la carga se puede hacer simulando la carga del neumático con dos elementos de carga virtuales, uno de los cuales representa una llanta virtual y el otro representa un rodillo de carga de una superficie de carretera. En consecuencia, la llanta virtual se sostiene contra las partes de talón del contorno determinado, mientras que el otro elemento de carga virtual se sostiene, preferentemente, contra la parte de la banda de rodadura del contorno determinado.

[0066] Usando un índice de elasticidad K predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático como un parámetro asociado al neumático, en particular un índice de elasticidad infinitesimal asociado a las partes infinitesimales del contorno exterior de la banda de rodadura, se puede calcular una fuerza infinitesimal F_i que es necesaria para desplazar la parte infinitesimal de la banda de rodadura hasta que el contorno exterior coincida con la línea L . Para esto, se utiliza la ley de Hook $F = K \cdot \Delta L$ que describe la relación entre el desplazamiento o deformación ΔL de un resorte, el índice de elasticidad K y la fuerza F aplicada al resorte.

[0067] Se prefiere mantener inalterada la estructura detallada de la banda de rodadura que comprende las tierras y las ranuras, porque la banda de rodadura no se deformará hasta tal punto que el perfil de la banda de rodadura se alise por completo. Más bien, el cálculo de la simulación de la carga considera el desplazamiento de toda la sección de la banda de rodadura y solo una deformación gruesa que reduce o elimina la curvatura de la banda de rodadura. Habiendo calculado las fuerzas de desplazamiento infinitesimales F_i de las partes individuales del contorno de la banda de rodadura bajo carga, la fuerza total F necesaria para desplazar el contorno de la banda de rodadura a la línea L puede calcularse mediante suma o integración, respectivamente. Este cálculo puede ser representado por la ecuación $F = \Sigma (K \cdot \Delta L_i)$. Opcionalmente, para aumentar la exactitud, también es posible considerar una deformación de la banda de rodadura en la dirección axial, de manera que se tenga en cuenta el desplazamiento axial bajo carga de las partes de la banda de rodadura cerca de las paredes laterales.

[0068] El índice de elasticidad K predeterminado puede ser un valor predeterminado elegido para condiciones estándar, o puede calcularse según los parámetros del neumático conocidos como anchura, altura del hombro, presión de inflado, tipo de neumático (tal como neumáticos a prueba de pinchazos, neumáticos antipinchazo, etc.), por ejemplo. Estos parámetros pueden ser introducidos por un operario o pueden ser detectados por el dispositivo automáticamente (por ejemplo, evaluando los datos de escaneo del dispositivo de escaneo).

[0069] Por lo tanto, una fuerza de carga total F del elemento de carga virtual que desplaza la banda de rodadura de la rueda hasta cierto punto representada por la línea L se puede determinar para la posición giratoria respectiva de la sección transversal radial considerada del contorno exterior determinado de la rueda descargada.

[0070] Esta fuerza de carga total F aplicada mediante el elemento de carga virtual se determina posteriormente para una pluralidad de posiciones giratorias usando la correspondiente sección transversal radial determinada del contorno exterior de la rueda.

[0071] Si, según una realización de la invención, se varía y se establece el desplazamiento simulado de la banda de rodadura del neumático, es decir, la posición de la línea L , para las respectivas posiciones giratorias de la rueda, de manera que se consigue una fuerza total constante F para todas las posiciones giratorias de la rueda, posteriormente, se puede determinar una variación del desplazamiento de la banda de rodadura y/o una distancia variable del elemento de carga virtual al eje de rotación de la rueda que varía a lo largo de la dirección circunferencial, es decir, una desigualdad radial de la rueda cargada.

[0072] Si, según otra realización de la invención, la posición de la línea L con respecto al eje de rotación de la rueda, es decir, la distancia entre el elemento de carga virtual y el eje de la rueda se mantiene constante y la fuerza F total resultante para todas las posiciones giratorias de la rueda se determinan como se ha descrito anteriormente, a continuación, se puede determinar una variación de fuerza radial de la rueda cargada.

[0073] Se puede determinar un contorno exterior promedio de toda la banda de rodadura (y partes adicionales opcionales del neumático y la llanta) a partir de los datos de escaneo a fin de proporcionar una base para la cual la posición de la línea L se mantiene constante, si la posición del eje de la rueda no está disponible. Por lo tanto, la posición del eje de rotación de la rueda puede calcularse a partir del contorno exterior promedio de la rueda.

[0074] Después de haber simulado la carga de la rueda según una de las realizaciones descritas anteriormente, se puede determinar el comportamiento o las irregularidades de la rueda cargada.

[0075] Después de simular la carga con una fuerza constante F para todas las posiciones rotatorias de la rueda

como se ha descrito anteriormente, las posiciones calculadas de la línea L (que representa la superficie del elemento de carga virtual) con respecto al eje de la rueda se pueden usar para determinar la desigualdad radial de la rueda cargada. Esto se puede hacer calculando el primer armónico de la desviación de la distancia de la posición calculada de la línea L hasta la posición calculada del eje de rotación de la rueda, por ejemplo. La magnitud (amplitud) del primer armónico de esa desviación de distancia es una medida de la desigualdad radial de la rueda cargada. También es posible determinar una medida de la desigualdad radial de la rueda cargada calculando una diferencia de pico a pico de dicha distancia de las posiciones de la línea L hasta el eje de rotación de la rueda.

[0076] Después de simular la carga con una distancia constante entre la posición de la línea L y el eje de rotación de la rueda para todas las posiciones giratorias de la rueda, las fuerzas de carga F calculadas del elemento de carga virtual para las respectivas posiciones giratorias de la rueda se pueden utilizar para determinar una variación de fuerza radial de la rueda cargada. Esto se puede hacer calculando el primer armónico de una desviación de las fuerzas F asociadas a las respectivas posiciones giratorias de la rueda a partir de un valor promedio de todas las fuerzas determinadas, por ejemplo. La magnitud (amplitud) del primer armónico de la desviación de fuerza es una medida de la variación de fuerza radial (RFV) de la rueda cargada. También es posible determinar una medida de la variación de fuerza radial de la rueda cargada calculando una diferencia de pico a pico de dicha desviación de las fuerzas de carga total F asociadas a las respectivas posiciones giratorias de la rueda.

[0077] En un desarrollo adicional de la invención, opcionalmente, se puede determinar una variación de fuerza lateral o desigualdad lateral de la rueda cargada de forma análoga al procedimiento de simulación descrito anteriormente. Esto es posible ya que las desviaciones del contorno exterior determinado de la rueda descargada desde una forma ideal pueden producir fuerzas laterales si, por ejemplo, se determina una posición de banda de rodadura cónica o asimétrica del neumático con respecto al plano central de la rueda. El uso de un índice de elasticidad lateral (axial) K_a asociado a la banda de rodadura del neumático junto con una relación predeterminada de la conicidad de la banda de rodadura, por ejemplo, permite determinar las fuerzas laterales y variaciones de fuerza y/o desigualdad lateral de la rueda cargada sobre la base del contorno exterior determinado de la rueda descargada. Dicha relación puede determinarse empíricamente, o puede obtenerse a partir de una deformación simulada de la rueda cargada que tiene dichas partes asimétricas de la banda de rodadura. Esto es útil ya que las fuerzas laterales tienen una influencia significativa en la estabilidad de la conducción y, particularmente, en la estabilidad direccional de un vehículo de motor.

[0078] Además, las fuerzas que actúan en la dirección circunferencial del neumático también pueden determinarse mediante la simulación de la carga según la invención. Las variaciones del radio de rodamiento de una rueda producen fuerzas circunferenciales variables. Las fuerzas circunferenciales variables también generan fuerzas contrarias que actúan sobre el eje de rotación de la rueda en una dirección significativamente perpendicular a la dirección de la fuerza de carga.

[0079] Además, para una evaluación más sofisticada del comportamiento del neumático bajo carga, se puede considerar la carga asimétrica con una línea L no paralela al eje de la rueda y/o una carga en una dirección no perpendicular al eje de la rueda lo que produce el desplazamiento de las partes de la banda de rodadura en una dirección axial. Esto permite tomar en consideración la geometría de la suspensión de un vehículo, por ejemplo. El índice de elasticidad lateral K_a puede estar predeterminado o puede obtenerse del índice de elasticidad K y/u otros parámetros del neumático tales como la anchura, la altura del hombro, la presión de inflado y el tipo de neumático, por ejemplo.

[0080] En la realización descrita anteriormente, se supone que el índice de elasticidad K asociado a la banda de rodadura del neumático es constante en toda la banda de rodadura del neumático. Esto puede proporcionar resultados de simulación con suficiente exactitud para necesidades más bajas.

[0081] Con el fin de mejorar el procedimiento y aumentar la exactitud de los resultados de la simulación, según otra realización de la invención, el índice de elasticidad K predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático se puede definir como un índice de elasticidad K_i infinitesimal que varía según una posición axial de una parte asociada de la banda de rodadura. A continuación, el cálculo de la fuerza total F necesario para desplazar un contorno de la banda de rodadura a la línea L, tal como se ha mencionado anteriormente, puede representarse mediante la ecuación $F = \sum (K_i \cdot \Delta L_i)$. Esta variación del índice de elasticidad se puede conseguir mediante la función de ponderación correspondiente. Ejemplos de dichas funciones de ponderación se muestran en las Figs. 2 y 3, en las que el eje x representa una anchura del neumático centrado en milímetros (mm), mientras que el eje y representa un factor de ponderación normalizado a 1 en el centro de la anchura de la rueda.

[0082] Con dichas funciones de ponderación, se puede tener en cuenta la influencia más fuerte de las partes

del borde en la dirección axial de la banda de rodadura sobre la rigidez del neumático y el índice de elasticidad para aumentar la exactitud de la simulación de la carga. La parte de llanta en la dirección axial de la banda de rodadura en general son más rígidas, es decir, tienen un mayor índice de elasticidad, debido a la influencia de las paredes laterales del neumático que se deforman cuando se desplaza las partes de llanta de la banda de rodadura. Esto se puede compensar con un índice de elasticidad más fuerte (más alto) en los bordes de la banda de rodadura del neumático que normalmente más tarde se acoplan con el elemento de carga, es decir, con mayores desplazamientos de la banda de rodadura y mayores fuerzas de carga total, similares a las secciones radiales del contorno exterior adyacente a la sección transversal radial considerada de la posición giratoria respectiva de la rueda.

10 **[0083]** Además e independiente de la realización anterior, el índice de elasticidad K predeterminado asociado a la banda de rodadura del neumático puede ser un índice de elasticidad K_i infinitesimal que varía según la posición radial de una parte de la banda de rodadura asociada de la rueda descargada. Por otro lado, esta variación del índice de elasticidad se puede conseguir mediante la función de ponderación correspondiente (no se muestra). Además de un efecto de compensación por la contribución de las secciones radiales adyacentes del contorno exterior de la rueda de forma similar a las funciones de ponderación descritas en el párrafo anterior, una desviación del contorno del neumático de una circunferencia circular perfecta resultante de las irregularidades de la estructura del neumático se puede tener en cuenta para aumentar la exactitud de la simulación de la carga. Dichas irregularidades en la estructura del neumático producir variaciones en la rigidez del neumático. Por lo tanto, existe una relación entre la posición radial descargada de una parte de la banda de rodadura y el índice de elasticidad asociado que se puede tener en cuenta con una función de ponderación que varía el índice de elasticidad según la posición radial de la parte de la banda de rodadura del neumático descargado.

[0084] Además, en un desarrollo adicional de la invención, el índice de elasticidad predeterminado puede ser un índice de elasticidad infinitesimal no lineal que varía según un desplazamiento de la banda de rodadura del neumático provocado por la carga simulada. De esta manera, puede proporcionarse una compensación por el hecho de que el desplazamiento de una parte de la banda de rodadura al principio (es decir, desplazamiento pequeño) se ve influenciado principalmente por deformaciones geométricas locales del material del neumático, mientras que con grandes desplazamientos de la banda de rodadura otros factores tales como la presión de inflado del neumático y la deformación de la pared lateral del neumático ganan influencia con diferente intensidad. De esta manera, se puede aumentar la exactitud de la simulación de la carga. También esta variación del índice de elasticidad se puede realizar mediante la función de ponderación correspondiente y puede compensar varios aspectos mencionados anteriormente, tales como la contribución de las secciones transversales radiales adyacentes del contorno exterior de la rueda que sostiene una parte de la fuerza de carga total F .

35 **[0085]** Por supuesto, se puede utilizar una combinación de las funciones de ponderación antes mencionadas a fin de cumplir mejor con las condiciones reales de carga de la rueda.

[0086] También es posible usar otros parámetros distintos al índice de elasticidad mencionado anteriormente como el parámetro asociado al neumático, a fin de calcular una fuerza resultante del desplazamiento de una parte de neumático provocado por el elemento de carga virtual. Un ejemplo de los otros parámetros se tiene en cuenta en los desplazamientos del contorno provocados por el elemento de carga virtual hasta que se cumple una determinada condición. Dicha condición puede ser, por ejemplo, alcanzar un valor de variación de fuerza radial estable alrededor de la circunferencia del neumático, obtener un primer armónico o eliminarlo, o eliminar los armónicos de mayor grado. El algoritmo de simulación es capaz de considerar un desplazamiento arbitrario del contorno en función de condiciones arbitrarias.

[0087] En una realización adicional de la invención, la etapa de determinar el contorno exterior de la rueda puede comprender determinar una desigualdad radial y/o una desigualdad lateral de la llanta. Para ello, preferentemente, se escanean y se determinan, al menos, un contorno exterior del neumático y una parte de la llanta, en particular el borde de la llanta. La posición de las bandas de rodadura del neumático se puede determinar sobre la base de las posiciones detectadas de los bordes de la llanta. Por lo tanto, la desigualdad radial o lateral de la llanta se puede tener en cuenta en la simulación de la carga. El conocimiento de la desigualdad radial o lateral de la llanta permite separar los efectos de la llanta y los efectos del neumático en el contorno exterior determinado de la rueda descargada y también en las irregularidades determinadas de la rueda cargada. Esto da como resultado un aumento de la exactitud de la simulación de la carga y, además, puede determinarse, por ejemplo, una posición de remontaje angular del conjunto de llanta/neumático a fin de mitigar o eliminar la desigualdad radial o lateral del conjunto de llanta/neumático.

[0088] La Fig. 6 muestra un ejemplo de comportamiento determinado o las irregularidades de una rueda

cargada según una de las realizaciones de la invención mencionadas anteriormente. En el diagrama de la Fig. 6, la línea marcada con ASSY representa la desigualdad radial determinada de la rueda, es decir, el conjunto de la llanta/neumático. La línea marcada con RIM representa la desigualdad radial determinada de la llanta de la rueda. La línea marcada con TYRE representa la contribución del neumático a la desigualdad radial del conjunto de llanta/neumático calculado a partir de las líneas ASSY y RIM por sustracción, por ejemplo. La línea marcada con FVmm representa la variación de fuerza radial de la rueda (conjunto de llanta/neumático) calculada a partir de la desigualdad de la llanta y la desigualdad del neumático y teniendo en cuenta las contribuciones respectivas de la llanta y el neumático a la variación de fuerza radial. Con ello, además, se puede tener en cuenta un índice de elasticidad de la llanta, incluso si no es necesario ya que el índice de elasticidad de la llanta es, en general, mucho más alto que el del neumático, de manera que si se carga la rueda con fuerzas usuales no produzca la deformación de la llanta. La línea marcada con FV1h representa el primer armónico calculado de la variación de fuerza radial. Este primer armónico se puede usar para determinar una medida estándar de la variación de fuerza radial. Otra posibilidad es usar valores pico a pico como una medida de la variación de fuerza radial, como ya se ha mencionado anteriormente.

- 15 **[0089]** En una realización desarrollada adicional de la invención, el contorno exterior determinado de una pluralidad de secciones transversales radiales adyacentes de la rueda puede usarse para simular la carga de la rueda teniendo en cuenta una zona de contacto entre el elemento de carga virtual y la banda de rodadura del neumático. De esta manera, se puede conseguir una simulación de la carga más exacta basada en una deformación del neumático más realista debido a la carga. Por lo tanto, se puede simular la carga de la rueda con elementos de carga virtuales que tienen diferentes formas. A esto, se utiliza el contorno exterior determinado de varias secciones transversales radiales adyacentes de la rueda y se pondera con una función de ponderación tal como se muestra en las Figs. 4 y 5, por ejemplo. Los diagramas de las Figs. 4 y 5 muestran funciones de ponderación aplicadas al índice de elasticidad K asociado a las respectivas partes de la banda de rodadura del neumático, en las que el eje x representa un ángulo (en grados) de la zona de contacto en dirección circunferencial de un rodillo de carga virtual y el eje y representa el valor de ponderación normalizado a 1 en el centro de la zona de contacto.

- [0090]** Según otra realización de la invención, dentro de la zona de contacto entre la banda de rodadura del neumático y la superficie del elemento de carga virtual, se pueden tener en cuenta diferentes desplazamientos y/o diferentes presiones de contacto de diferentes partes de la banda de rodadura en la simulación de la carga. Por ejemplo, los rodillos de carga con diferentes diámetros se pueden usar para el elemento de carga virtual. También es posible usar un plano horizontal para el elemento de carga virtual. Dicho plano puede representar una superficie de carretera. Esto permite simular la carga de la rueda cerca de las condiciones de funcionamiento reales de una rueda que circula sobre una superficie de carretera. Para mejorar aún más la simulación y aumentar la exactitud de los resultados, también en este procedimiento se usa una simulación de una zona de contacto, se pueden usar de manera adicional una, o más, de las funciones de ponderación adecuadas descritas anteriormente en conexión con las Figs. 2 a 5.

- [0091]** Según otra realización de la invención, se proporciona un sistema para determinar el comportamiento o las irregularidades de una rueda cargada que comprende una llanta y un neumático montado en la llanta. El sistema comprende un dispositivo de escaneo para escanear el contorno exterior de la rueda descargada y un dispositivo informático conectado al dispositivo de escaneo. Por lo tanto, el dispositivo de escaneo y el dispositivo informático pueden ser dispositivos separados. También es posible actualizar un aparato de servicio de ruedas de vehículos existente, tal como un alineador de ruedas o un cambiador de neumáticos, por ejemplo, añadiendo dicho dispositivo de escaneo al aparato y mejorando el dispositivo informático ya presente en el aparato añadiendo las características de software adicionales que permiten que el aparato pueda realizar el procedimiento según la presente invención.

- [0092]** El dispositivo informático controla el dispositivo de escaneo y recibe del dispositivo de escaneo datos tridimensionales que representan el contorno de la superficie de la rueda. El dispositivo informático usa valores predeterminados, o puede usar valores medidos, o valores introducidos, de los parámetros necesarios para realizar la simulación de la carga y la determinación del comportamiento o las irregularidades de la rueda cargada. Dichos parámetros pueden ser, por ejemplo, una presión de inflado de neumáticos, las dimensiones de la llanta y el neumático, tipo de llanta y neumático, y el índice de elasticidad promedio K de la banda de rodadura del neumático, por ejemplo. El dispositivo informático puede corregir el índice de elasticidad asociado a la banda de rodadura del neumático según los parámetros mencionados anteriormente variando los valores predeterminados o variando las funciones de ponderación aplicadas al índice de elasticidad. Por lo tanto, se puede conseguir una simulación muy precisa y unos valores muy exactos del comportamiento o irregularidades determinados.

- [0093]** Según otra realización de la invención, el sistema y el procedimiento de la invención descritos anteriormente se pueden integrar en un aparato de servicio de vehículos. Por lo tanto, se puede proporcionar un

procedimiento y un aparato muy cómodo y rentable para determinar el comportamiento o las irregularidades de una rueda cargada, mientras que los resultados de la determinación se pueden usar durante una operación de servicio realizada con el aparato de servicio.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar el comportamiento de un neumático o rueda cargado que comprende una llanta y un neumático montado en la llanta, el procedimiento que comprende las etapas de:
5 determinar un contorno de, al menos, una parte del neumático o rueda, simular la carga del neumático o rueda con, al menos, un elemento de carga virtual que se sostiene contra el neumático en, al menos, una posición giratoria del neumático o rueda sobre la base del contorno determinado, un desplazamiento del contorno determinado provocado por el elemento de carga virtual; y, al menos, un parámetro asociado al neumático
10 o rueda o a una parte del neumático, y determinar el comportamiento de la llanta o rueda cargada usando los resultados de la simulación.
2. El procedimiento según la reivindicación 1,
15 en el que el comportamiento comprende, al menos, una entre una fuerza ejercida entre el neumático y el elemento de carga virtual, una fuerza ejercida entre el neumático y la llanta, una fuerza ejercida por la llanta o rueda sobre un eje giratorio de la rueda, una deformación o desplazamiento del neumático o de una parte del neumático, una deformación de la llanta, una variación de una de dichas fuerzas o deformaciones o desplazamientos con respecto a una pluralidad de simulaciones de carga relacionadas con una pluralidad de posiciones giratorias del neumático o rueda.
20
3. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en el que la etapa de simular la carga de una posición giratoria respectiva del neumático o rueda comprende simular una pluralidad de diferentes condiciones de carga, en el que las diferentes condiciones de carga comprenden,
25 preferentemente, magnitudes de carga diferentes o variables y/o valores diferentes o variables del, al menos, un parámetro asociado al neumático o rueda, o a una parte del neumático.
4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
30 en el que la etapa de simulación comprende la carga simulada de la rueda con una fuerza predeterminada ejercida por el elemento de carga virtual, y en el que la etapa de determinar el comportamiento comprende determinar la desigualdad radial de la rueda cargada.
5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
35 en el que la etapa de simulación comprende la carga simulada de la rueda con una distancia predeterminada entre el elemento de carga virtual y un eje de rotación de la rueda, y en el que la etapa de determinar el comportamiento comprende determinar la variación de fuerza radial de la rueda cargada.
40
6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en el que, al menos, un parámetro antedicho se corrige según, al menos, uno entre un tipo de neumático, un tamaño de neumático, una presión de inflado del neumático, un tipo de llanta, un desplazamiento del elemento de carga virtual,
45 un desplazamiento o deformación del contorno determinado provocado por el elemento de carga, una clase de vehículo, un peso del vehículo, un reparto del peso del vehículo en los ejes del vehículo, una geometría de la suspensión del vehículo, datos del modelo exactos del vehículo.
- 50 7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en el que la etapa de determinar el contorno del neumático o rueda comprende determinar, al menos, uno entre la desigualdad radial y la desigualdad lateral de la llanta, y en el que la etapa de simular comprende tener en cuenta la desigualdad determinada de la llanta.
55
8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en el que la etapa de simulación utiliza el contorno determinado de una única sección transversal radial del neumático o rueda.

9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en el que la etapa de simulación usa el contorno determinado de una pluralidad de secciones transversales radiales
5 adyacentes del neumático o rueda para simular una zona de contacto entre el elemento de carga virtual y el neumático.
10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en el que, al menos, dos elementos de carga virtuales se utilizan simultáneamente, y en el que un elemento de carga
10 virtual representa una llanta virtual que se sostiene contra las bandas de rodadura del neumático, mientras que otro
elemento de carga virtual se sostiene, preferentemente, contra la banda de rodadura del neumático.
11. Un sistema para determinar el comportamiento de un neumático o rueda cargado que comprende una
llanta y un neumático montado en la llanta, el sistema que comprende:
15 un dispositivo de escaneo para escanear un contorno del neumático o rueda o de una parte del neumático, y
un dispositivo informático conectable al dispositivo de escaneo y configurado para llevar a cabo el procedimiento según
cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
- 20 12. Un aparato de servicio de vehículos, el aparato que comprende un sistema según la reivindicación 11.
13. Un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador que lleva
instrucciones legibles por ordenador que, cuando se ejecutan en un ordenador, permiten que el ordenador lleve a cabo
un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10.
25
14. Un vehículo que comprende un sistema según la reivindicación 11 en el que el vehículo está configurado
para utilizar la información sobre el comportamiento de un neumático o rueda obtenida mediante el sistema de a bordo
para informar al conductor sobre las condiciones de la rueda o neumático, o para ajustar automáticamente un sistema
técnico del vehículo, preferentemente, un sistema de suspensión del vehículo con el fin de mejorar las características
30 de conducción del vehículo.
15. Un sistema de servicio automotriz, preferentemente, un sistema de alineación de ruedas, junto con un
vehículo según la reivindicación 14, el sistema de servicio automotriz que además comprende
35 un dispositivo de procesamiento de datos configurado para recibir datos sobre el comportamiento del neumático o
rueda de dicho vehículo a través de una conexión de comunicación por cable o inalámbrica, y
evaluar o utilizar los datos para una operación de servicio, preferentemente, para mejorar un procedimiento de
alineación de ruedas.

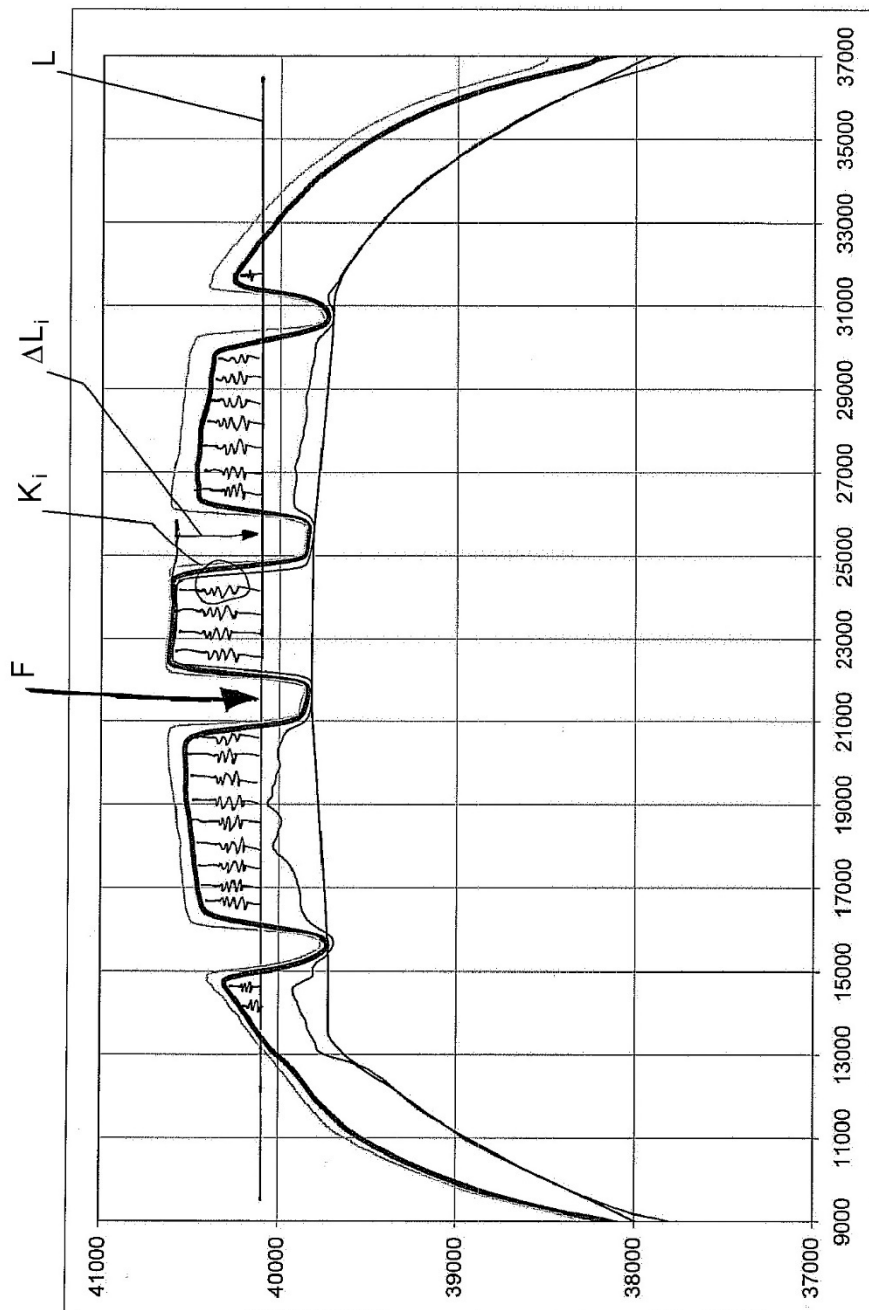


Fig. 1

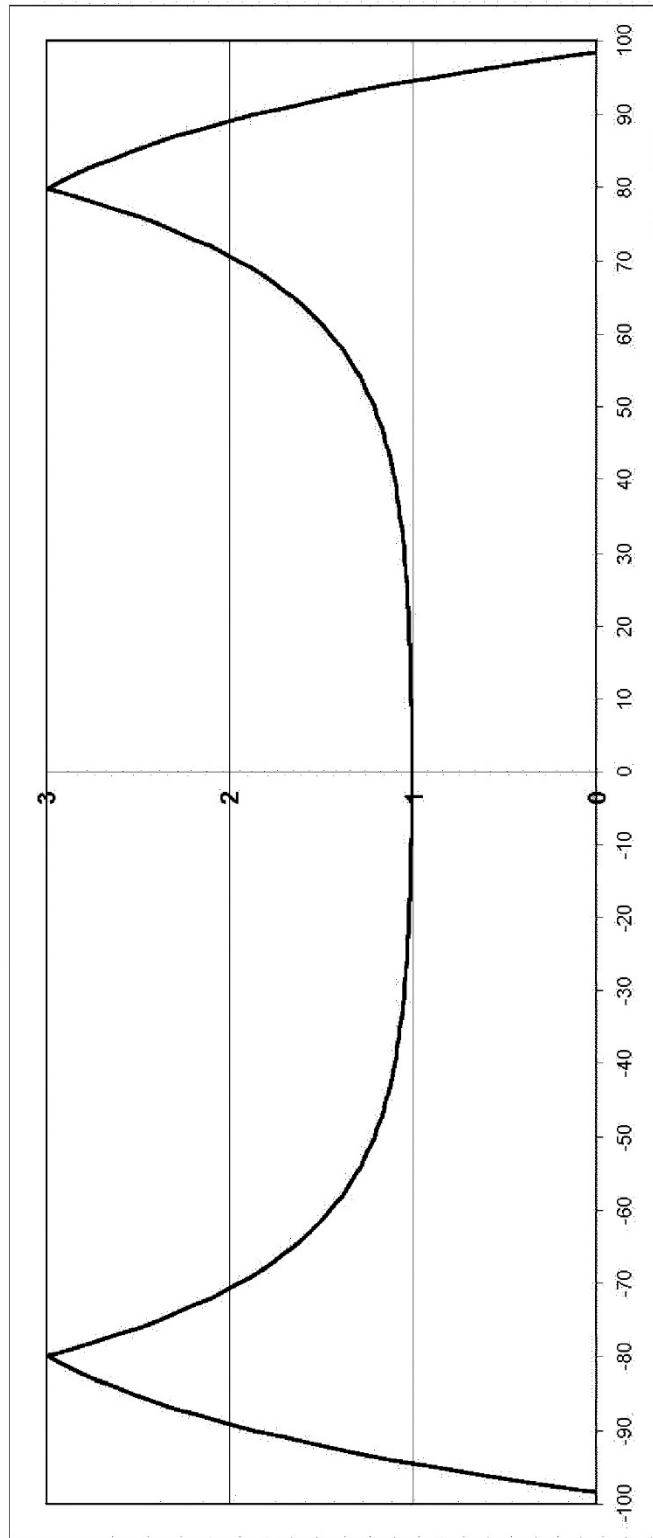


Fig. 2

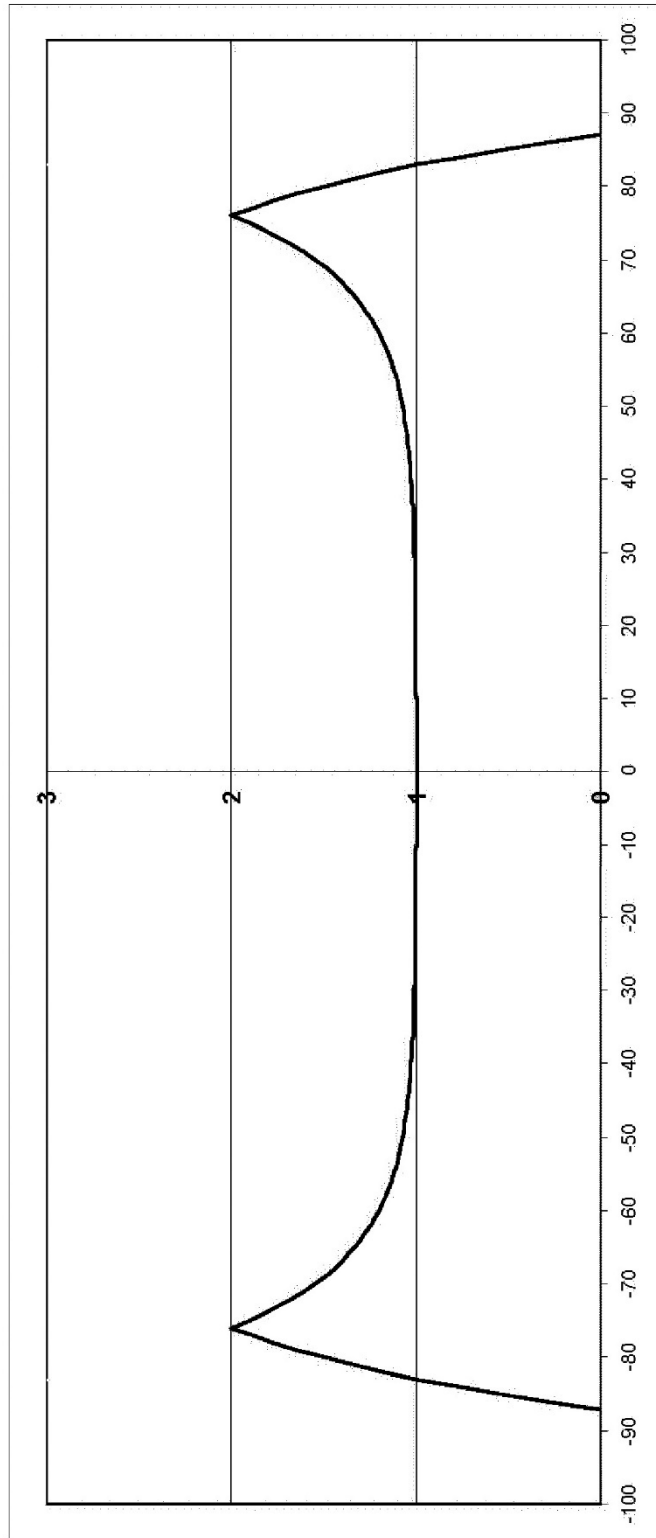


Fig. 3

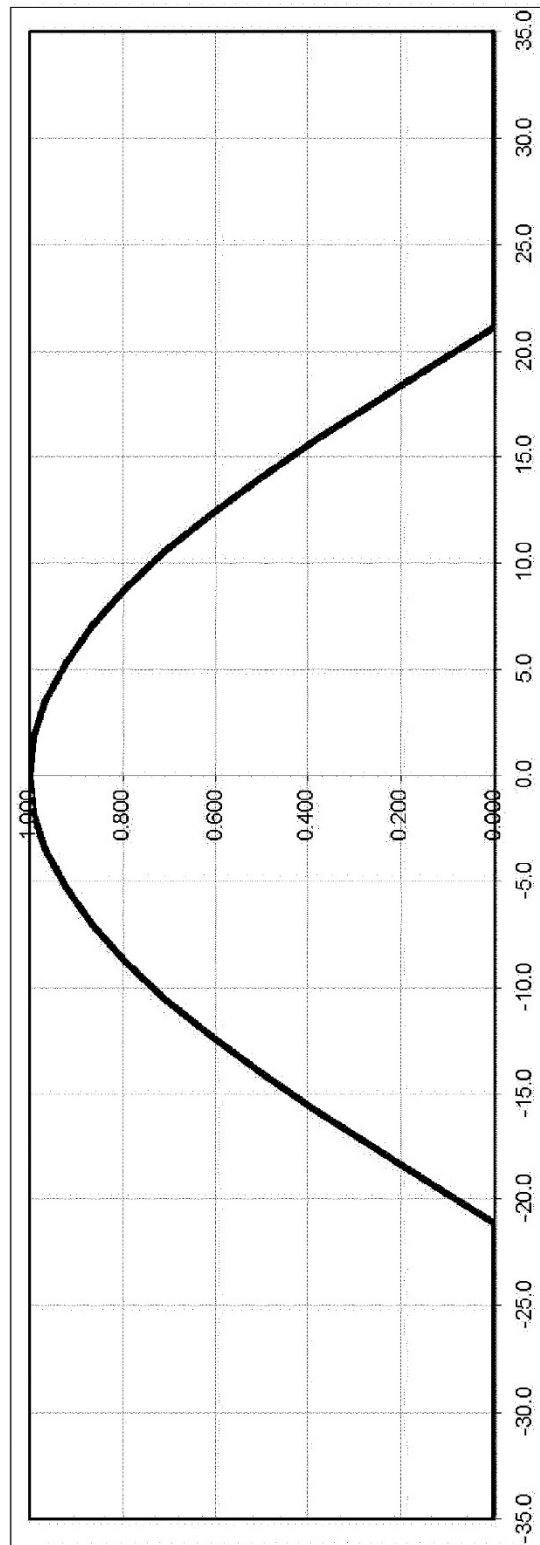


Fig. 4

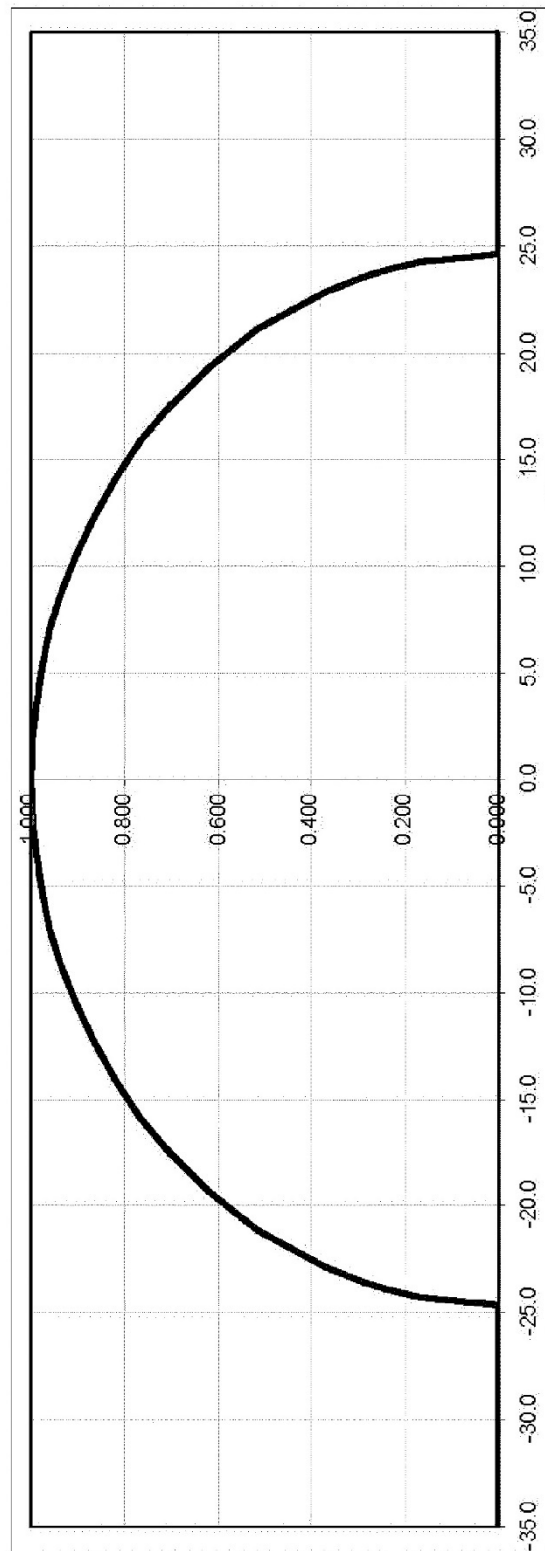


Fig. 5

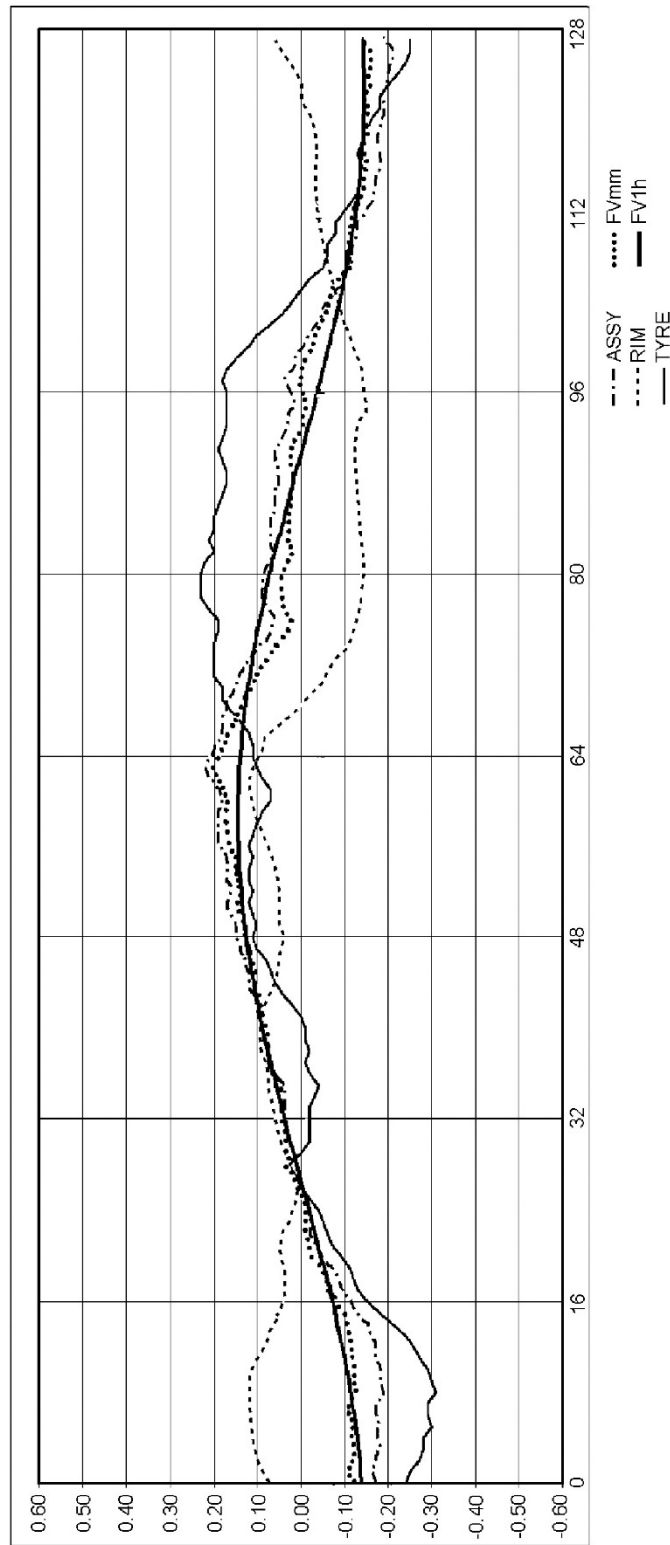


Fig. 6