

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 330**

51 Int. Cl.:

B60T 8/17 (2006.01)

B60T 13/66 (2006.01)

B60L 7/18 (2006.01)

B60L 7/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.06.2016 PCT/EP2016/064055**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2016 WO16207078**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2016 E 16730377 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3331734**

54 Título: **Sistema de frenado para un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

23.06.2015 DE 102015110053

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

13.05.2020

73 Titular/es:

**KNORR-BREMSE SYSTEME FÜR
SCHIENENFAHRZEUGE GMBH (100.0%)
Moosacher Strasse 80
80809 München , DE**

72 Inventor/es:

**MÜLLER, CLAUDIUS;
TOMBERGER, CHRISTOPH;
FRIESEN, ULF y
VOLLMER, ACHIM**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 760 330 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de frenado para un vehículo ferroviario

La invención se refiere a un sistema de frenado para un vehículo ferroviario así como a un equipo para determinar la fuerza de frenado que actúa sobre el vehículo.

5 Estado de la técnica

Los vehículos ferroviarios deben cumplir con distancias de frenado predeterminadas en el tráfico y, en particular, detenerse en los puntos previamente señalados para ellos. El frenado de un vehículo ferroviario se realiza según criterios definidos con precisión, entre otras cosas, curvas características de desaceleración cuyo cumplimiento es relevante para garantizar el funcionamiento económico y seguro de los vehículos ferroviarios. En cada frenado de un vehículo ferroviario moderno están implicados distintos tipos de frenos (freno de fricción, freno electrodinámico, freno electromagnético sobre el carril, freno de corrientes parásitas). Cada uno de estos frenos tiene sus ventajas específicas, por ejemplo, un intervalo de velocidad o de potencia en el que actúa de la manera más efectiva o más económica con respecto al desgaste. A este respecto, cada tipo de freno presenta tolerancias e imprecisiones específicas en la implementación de la fuerza de frenado, lo cual da como resultado variaciones indeseadas en la fuerza de frenado lograda en el transcurso del proceso de frenado.

La dosificación exacta del frenado requeriría una retroalimentación de la fuerza de frenado realmente ejercida, comunicada, por ejemplo, al conductor a través de una pantalla en la cabina del conductor o alimentada directamente a un bucle de regulación electrónico para la fuerza de frenado. Sin embargo, especialmente con la interacción simultánea de varios tipos de freno, la fuerza de frenado ejercida por cada freno individual no puede medirse directamente, sino solo a través de un desvío con imprecisiones correspondientes, por ejemplo, a través de la potencia eléctrica registrada, a través de una presión del cilindro de freno o a través de dilataciones del material. La relación física entre estas magnitudes y la fuerza de frenado es frecuentemente alineal y está sujeta además a variaciones sistemáticas y aleatorias. Solo para el freno de fricción neumático se conoce por el documento DE 10 2012 219 984 A1 una solución para la detección directa de la fuerza de frenado ejercida.

Por el documento DE 10 2011 052 545 A1 se conoce evaluar señales que son representativas para la desaceleración longitudinal del vehículo y apuntar a un valor predeterminado para la desaceleración longitudinal a través de un bucle de regulación. De manera desventajosa, esta evaluación no proporciona la fuerza de frenado realmente efectiva. La regulación a un valor teórico para la desaceleración longitudinal tiene además el efecto secundario de que la posible desaceleración no se agota en la subida y que el freno está sobrecargado en el declive descendente.

El documento DE 10 2012 219984 A1 revela un sistema de frenado para un vehículo ferroviario, con un equipo de regulación de valor teórico que regula un valor teórico de una magnitud de desaceleración a un valor teórico de salida.

Objetivo y solución

Por eso, el objetivo de la invención es poner a disposición un dispositivo para determinar la fuerza de frenado que actúa sobre un vehículo. Un objetivo adicional de la invención es poner a disposición un sistema de frenado para un vehículo, con el cual el vehículo puede llevarse sobre una línea definida o a una ubicación definida de manera más precisa que según el estado de la técnica anterior.

De acuerdo con la invención, estos objetivos se resuelven mediante un sistema de frenado de acuerdo con la reivindicación principal.

Otras configuraciones ventajosas se deducen de las reivindicaciones secundarias que remiten a esta.

Objeto de la invención

En el marco de la invención, se ha desarrollado un sistema de frenado con un equipo para determinar la fuerza de frenado que actúa sobre un vehículo, así, con un tipo de estimador de fuerza de frenado. Este comprende medios para detectar componentes de aceleración.

De acuerdo con la invención, pueden preverse adicionalmente medios para detectar la desaceleración longitudinal que actúa sobre el vehículo, así como la fuerza de salida en pendiente. Adicionalmente, está prevista una unidad de evaluación, que determina la fuerza de frenado sobre la base de la desaceleración longitudinal del vehículo y la fuerza de salida en pendiente.

La desaceleración longitudinal del vehículo es la desaceleración cinemática a lo largo del eje longitudinal del vehículo. El eje longitudinal del vehículo siempre es paralelo respecto a la calzada, es decir, durante la transición hacia una subida o hacia un declive descendente se inclina con la calzada.

5 La fuerza de salida en pendiente es aquella fuerza que actúa sobre el vehículo cuando la calzada se inclina fuera del plano (subida o declive descendente) en la dirección de marcha. El peso orientado perpendicularmente hacia abajo del vehículo en el campo gravitacional de la Tierra puede ser como la suma vectorial de esta fuerza de salida en pendiente y una fuerza normal, perpendicular respecto a la calzada, transmitida desde el vehículo a la calzada.

10 Se ha reconocido que la fuerza de salida en pendiente es una magnitud que tiene un impacto significativo en la dinámica de los procesos de frenado y que se modifica constantemente al mismo tiempo en el transcurso de la calzada. Las subidas habituales en el sector de vehículos ferroviarios, por ejemplo, en Alemania para el tráfico de alta velocidad pueden ascender a 40 por mil; para líneas de tráfico secundario, incluso por encima. En subidas, la fuerza de salida en pendiente es opuesta a la dirección de marcha y apoya el efecto de frenado; en declives descendentes, la fuerza de salida en pendiente discurre en la dirección de marcha y contrarresta el efecto de frenado. Por eso, la consideración de la fuerza de salida en pendiente es necesaria para poder deducir la fuerza de frenado con suficiente precisión de la desaceleración longitudinal del vehículo.

20 En la regulación de desaceleración de acuerdo con el estado de la técnica, el efecto de la fuerza de salida en pendiente no se considera por separado. Esto tiene la consecuencia de que la distancia de frenado es siempre de la misma longitud independientemente de si la calzada discurre en plano, en subida o en declive descendente. Por eso, en la subida, la fuerza de salida en pendiente favorable para el efecto de frenado se neutraliza negativamente al frenarse en menor grado. A la inversa, en el declive descendente, la fuerza de salida en pendiente desventajosa para el efecto de frenado se compensa implícitamente por una mayor sollicitación del freno.

25 Estos problemas ya no se producen en el caso de la solución de acuerdo con la invención. La manejabilidad del freno se mejora significativamente. Desde el punto de vista del conductor, el vehículo se comporta de manera intuitivamente correcta en las subidas y declives descendentes en el sentido de que la distancia de frenado en la subida es más corta y en el declive descendente es más larga; en determinados países y mercados, las distancias de señal de aviso en la infraestructura de los vehículos ferroviarios también están diseñadas sobre esto. El control del freno se comporta en conjunto de manera más lineal, lo cual resulta ventajoso para reguladores de velocidad superpuestos. Al mismo tiempo, está garantizado que no se sobrepase el aprovechamiento de arrastre de fuerza permitido como máximo incluso con valores de desaceleración altos.

30 Con el fin de detectar la fuerza de salida en pendiente, están previstos ventajosamente medios para detectar la inclinación longitudinal de la línea en la ubicación actual del vehículo ferroviario. En particular, los medios para detectar los componentes de aceleración pueden estar integrados en un componente común con los medios para detectar la fuerza de salida en pendiente. Por ejemplo, este componente puede comprender dos sensores de aceleración dispuestos ortogonalmente entre sí.

35 En el marco de la invención, se ha desarrollado un sistema de frenado para un vehículo ferroviario. Este comprende un transmisor del valor teórico para el valor teórico de la fuerza de frenado total, un regulador para determinar al menos un valor de magnitud de ajuste sobre la base de este valor teórico, así como al menos un accionador que transmite este valor de magnitud de ajuste a al menos un equipo de frenado.

40 A este respecto, el transmisor del valor teórico puede predeterminar directamente el valor teórico de la fuerza de frenado total. Sin embargo, también puede estar predeterminada, por ejemplo, una desaceleración longitudinal requerida del vehículo. A partir de la desaceleración longitudinal del vehículo, la velocidad del vehículo y la masa del vehículo, se puede determinar la fuerza de frenado total requerida. La desaceleración longitudinal del vehículo es una magnitud más razonable que la fuerza de frenado total para el conductor del vehículo que debe frenar el vehículo con precisión en un punto predeterminado.

45 Si están presentes varios equipos de frenado, resulta ventajoso entonces proporcionar un distribuidor de fuerza de frenado para controlar las fuerzas de frenado individuales requeridas de los distintos sistemas de frenado. Este distribuidor de fuerza de frenado puede tener en cuenta en particular qué equipo de frenado actúa más eficazmente en términos de qué intervalo de velocidad o de potencia o cuál es más económico con respecto al desgaste. En particular, pueden estar previstos entonces varios accionadores que transmiten diferentes valores de magnitud de ajuste a diferentes equipos de frenado.

50 De acuerdo con la invención, están previstos medios para la determinación al menos aproximada de los componentes de aceleración del vehículo ferroviario así como medios para determinar el valor real de la fuerza de frenado total a partir de estos componentes de aceleración teniendo en cuenta la velocidad de conducción y la masa del vehículo. El regulador está configurado para influir en el valor de magnitud de ajuste en el sentido de que se reduce la desviación de regulación entre el valor teórico y el valor real determinado. A este respecto, la masa del

vehículo puede estar predeterminada de manera fija, pero también pueden estar previstos medios para detectar la masa del vehículo ferroviario, que puede estar integrado en particular en una suspensión secundaria dispuesta entre la caja de vagón y las ruedas del vehículo ferroviario.

5 Mediante las medidas previstas de acuerdo con la invención, en particular cuando se utiliza el estimador de la fuerza de frenado, se mejora la calidad de reglaje para alcanzar el valor teórico predeterminado, es decir, el valor teórico se alcanza más rápido y con mayor precisión que según el estado de la técnica anterior. Para ello, ventajosamente no se necesita ningún conocimiento detallado de los frenos utilizados. Todas las tolerancias e imprecisiones contenidas en la cadena de acción del freno entre la fijación previa de valores teóricos hasta el despliegue de la fuerza de frenado se pueden determinar y regular hasta el máximo independientemente de la estrategia según la cual las
10 fuerzas de frenado se distribuyen a los diferentes frenos (combinación). La precisión de repetición de las distancias de frenado así como el cumplimiento de las fuerzas de frenado predeterminadas y las desaceleraciones resultantes de ello se incrementan ventajosamente con respecto al estado de la técnica anterior.

15 En un diseño especialmente ventajoso de la invención, los medios para determinar los componentes de aceleración comprenden un primer transmisor de aceleración para determinar un valor medido. Como alternativa, o incluso en combinación con esto, estos medios también pueden estar configurados para determinar la desaceleración longitudinal como derivación temporal de la velocidad de conducción y para corregir esta desaceleración longitudinal por el efecto de la fuerza de salida en pendiente. De manera especialmente ventajosa, los medios para determinar los componentes de aceleración pueden comprender una unidad de comparación adicional, que está configurada para hacer plausible uno contra el otro el valor medido y la derivación temporal, corregida por el efecto de la fuerza
20 de salida en pendiente, de la velocidad de conducción antes de determinar el valor real.

25 En un diseño especialmente ventajoso de la invención, el accionador está precontrolado con un valor de magnitud de ajuste determinado directamente a partir del valor teórico sin tener en cuenta el valor real de la fuerza de frenado, y transmite una superposición de este valor de magnitud de ajuste con el valor de magnitud de ajuste determinado por el regulador a al menos un equipo de frenado. Con este precontrol, la fuerza de frenado puede llevarse al menos cerca del valor teórico, de manera que el regulador solo tiene que compensar una diferencia. Esto es posible de manera más rápida y con mejor calidad de reglaje que encontrar el valor de magnitud de ajuste óptimo sin precontrol. El precontrol mejora la calidad de reglaje al aprovecharse conocimientos previos sobre la relación entre el valor de magnitud de ajuste y la fuerza de frenado ejercida. Adicionalmente, incluso si el regulador falla debido al precontrol, se posibilita una mejor fijación previa de valores teóricos que, por ejemplo, al controlar un valor por defecto fijo.
30

35 La calidad de reglaje puede mejorarse aún más en un diseño ventajoso adicional de la invención en el que el regulador recibe, adicionalmente al valor real, al menos una magnitud de entorno como retroalimentación para el regulador. Tales magnitudes de entorno pueden ser, por ejemplo, la temperatura o la humedad en el ambiente del vehículo ferroviario. Por ejemplo, con el mismo valor de la magnitud de ajuste transmitida al equipo de frenado, la fuerza de frenado causada por ello puede depender de tales condiciones ambientales. En este contexto, el regulador puede estar configurado en particular para determinar, a partir de gamas de valores para el valor real, por una parte, y la magnitud de entorno, por otra parte, una relación funcional entre estas dos magnitudes. El regulador puede entonces mejorar de manera autodidacta su calidad de reglaje, por ejemplo, con ayuda de una red neuronal.

40 En otro diseño especialmente ventajoso de la invención, está previsto un segundo transmisor de aceleración para determinar la fuerza de salida en pendiente y/o la inclinación longitudinal de la línea, siendo ortogonales entre sí las direcciones de medición de ambos transmisores de aceleración. La influencia de la fuerza de salida en pendiente que depende de la inclinación de la línea se puede separar de manera particularmente sencilla de la desaceleración longitudinal del vehículo. Un primer transmisor de aceleración dispuesto en la dirección longitudinal del vehículo no suministra ningún componente de señal dependiente del sistema, el cual representa la fuerza de salida en pendiente correspondiente a la inclinación longitudinal de la línea.
45

Además, el regulador puede incluir ventajosamente una o varias de las fuerzas que actúan sobre el vehículo ferroviario (2) por resistencia del aire, resistencia a la rodadura y/u otras resistencias en la determinación del valor real ($F_{Br, est}$).

50 La regulación con retroalimentación puede estar prevista para todos los frenos. Sin embargo, también puede estar prevista solo para un subconjunto de los frenos efectivos. El regulador controla los frenos restantes entonces dependiendo del valor teórico sin tener en cuenta el valor real, y/o no actúa en absoluto sobre estos frenos, sino que estos frenos se controlan únicamente a través del precontrol, evitando el regulador. En particular, los sistemas de frenado utilizados en los vehículos ferroviarios tienen funciones de transferencia muy diferentes, que representan la respectiva magnitud de ajuste a la fuerza de frenado generada. La calidad de reglaje puede mejorarse si solo están
55 incluidos aquellos frenos en el bucle de regulación cerrado cuyas funciones de transferencia resultan ventajosas en cuanto a la técnica de regulación. En particular, los cambios en la magnitud de ajuste por el regulador no deben provocar oscilaciones permanentes en el bucle de regulación. Por eso, para la regulación con retroalimentación del valor real se recurre ventajosamente a aquellos frenos cuya fuerza de frenado depende linealmente del valor de

magnitud de ajuste, con el que se controlan, y que presentan una constante de tiempo de regulación lo más pequeña posible.

5 En un diseño ventajoso adicional de la invención, el regulador incluye un historial de desviaciones entre el valor teórico y el valor real de la fuerza de frenado en procesos de frenado anteriores en la determinación del valor de magnitud de ajuste. Así, por ejemplo, para optimizar el comportamiento de transferencia estática de las desviaciones entre el valor real y el valor teórico de la fuerza de frenado, puede calcularse una corrección aditiva para la magnitud de ajuste con la que puede regularse el estado estacionario deseado de la fuerza de frenado más rápido y con menos cambios de la magnitud de ajuste en futuros procesos de frenado. Esto significa que el regulador se adapta automáticamente al sistema controlado y, por lo tanto, puede lograrse un comportamiento de regulación óptimo.
10 Ventajosamente, durante un cambio del valor teórico y opcionalmente también durante la respuesta de la magnitud de ajuste a este cambio, no se registran desviaciones entre el valor real y el valor teórico en el historial para no influir en el comportamiento de transferencia dinámica del control de freno.

15 Ventajosamente, la retroalimentación del valor real en el regulador puede aumentar o disminuir la fuerza de frenado en una cantidad limitada y ajustable en una dirección positiva y/o negativa. Una forma de realización simple es, por ejemplo, aumentar, pero no disminuir, el valor de retroalimentación en su cantidad solo en un valor ≥ 0 . De esta manera, está asegurado que, por una parte, en un fallo o avería de la retroalimentación no puede producirse ninguna reducción peligrosa de la fuerza de frenado o prolongación de la distancia de frenado y, por otra parte, no se requiere ninguna fuerza de frenado excesiva que sobrepase los límites permitidos (fuerza máxima, aprovechamiento del coeficiente de adherencia, entre otras cosas). A tal fin, por ejemplo, la parte del regulador que es competente para el control rudimentario del valor de magnitud de ajuste solo dependiendo del valor teórico (bucle abierto sin retroalimentación), y la parte del regulador que es responsable de reducir la desviación de regulación entre el valor teórico y el valor real (bucle cerrado con retroalimentación), pueden estar diseñados como grupos constructivos separados. Un precontrol que evite el regulador también puede garantizar la seguridad operativa en caso de fallo del regulador.

25 Con el fin de reducir los efectos secundarios inesperados causados por la retroalimentación del valor real, esta consideración se realiza ventajosamente bajo la condición límite de que el valor absoluto del cambio de la magnitud de ajuste causado por ello está limitado a un valor predeterminado. Este valor se elige ventajosamente no más de lo que es al menos necesario para corregir la variación del comportamiento de transferencia estática (refuerzo de línea) del bucle de regulación.

30 El sistema de frenado está configurado para frenar un vehículo ferroviario. En un diseño especialmente ventajoso de la invención, comprende al menos dos frenos diferentes del grupo de freno de fricción, freno electrodinámico, freno electromagnético sobre el carril, freno de corrientes parásitas, retardador o similares. Cada uno de estos frenos tiene sus ventajas específicas, por ejemplo, un intervalo de velocidad o de potencia en el que actúa de la manera más efectiva o más económica con respecto al desgaste. La fuerza de frenado total requerida se mezcla teniendo en cuenta estos criterios a partir de las contribuciones de los frenos individuales existentes (combinación).
35

En otro diseño especialmente ventajoso de la invención, están previstos medios para la medición directa o indirecta de la fuerza de frenado de cada freno individual. Adicionalmente, está previsto un circuito de supervisión, que compara la suma de estas fuerzas de frenado con el valor real, suministrado por el estimador de fuerza de frenado, para la fuerza de frenado. A partir de esta comparación, puede deducirse ventajosamente el estado de los frenos utilizados. Por ejemplo, si la utilización de un freno determinado da como resultado una desviación extraordinaria de la suma de las fuerzas de frenado individuales del valor real suministrado por el estimador de fuerza de frenado, entonces esto puede valorarse como indicación de que este freno es defectuoso.
40

Parte especial de la descripción

45 A continuación, se explicará el objeto de la invención por medio de figuras, sin que con ello se limite el objeto de la invención. Está mostrado:

- Figura 1: dibujo esquemático de un vehículo con sistema de frenado de acuerdo con la invención.
- Figura 2: comparación entre el regulador de desaceleración según el estado de la técnica (a) y la regulación de fuerza de frenado de acuerdo con la invención (b).
- Figura 3: dibujo detallado del flujo de señales para la regulación de la fuerza de frenado.
- Figura 4: flujo de señales en otro ejemplo de realización de la invención.

50 La figura 1 muestra esquemáticamente un vehículo ferroviario 2, que está equipado con un sistema de frenado (1a) de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención. El vehículo ferroviario 2 comprende una caja de vagón 2a y se desplaza sobre ruedas 2b, de las cuales está representada solo una en la figura 1 para mayor claridad. La rueda 2b está montada en un cubo de rueda 2h y una suspensión primaria sobre un bogie 2g. El bogie 2g está conectado a través de una suspensión secundaria 2c con la caja de vagón 2a.

El sistema de frenado 1a comprende un freno de fricción 2e con una zapata de freno, que se presiona contra la rueda 2b a través de un cilindro de freno C. Además, está previsto un freno de corrientes parásitas 2d. Ambos frenos se controlan a través de un distribuidor de fuerza de frenado 8, que sirve en este aspecto como un accionador.

5 El valor teórico $F_{Br,soll}$ para la fuerza de frenado total se predetermina por el transmisor del valor teórico 20, que puede ser, por ejemplo, un elemento de manejo en la cabina del conductor del vehículo ferroviario 2. El valor teórico $F_{Br,soll}$ se suministra, por una parte, al distribuidor de fuerza de frenado 8 directamente como valor de precontrol 7b para la magnitud de ajuste, a la cual se deben someter los frenos 2d y 2e. Por otra parte, el valor teórico $F_{Br,soll}$ también se suministra al regulador 7, que genera un valor de magnitud de ajuste 7a adicional. Ambos valores de magnitud de ajuste 7a y 7b se compensan entre sí en el distribuidor de fuerza de frenado 8 y se emiten a los frenos 10 2d y 2e.

15 El regulador 7 recibe como retroalimentación el valor real $F_{Br,est}$ estimado para la fuerza de frenado total del estimador de fuerza de frenado 1, que está integrado en el sistema de frenado 1a. Este estimador de fuerza de frenado 1 contiene un sensor de aceleración 3, 4 combinado, que presenta tanto una primera dirección de medición 3a en la dirección del eje longitudinal del vehículo como una dirección de medición 3b ortogonal al mismo. La dirección de medición 3b adicional hace que el sensor 3, 4 sea sensible a la fuerza de salida en pendiente, de manera que esta puede tenerse en cuenta en la determinación de los componentes de aceleración a. Los componentes de aceleración a se suministran a la unidad de evaluación 5. La unidad de evaluación está conectada al tacómetro 2i del vehículo ferroviario y, por lo tanto, recibe la velocidad de conducción v como entrada adicional. Además, en la suspensión secundaria 2c están dispuestos medios 6 para determinar la masa m_{est} del vehículo 20 ferroviario 2, los cuales están conectados asimismo a la unidad de evaluación 5. La unidad de evaluación 5 determina a partir de los componentes de aceleración a, teniendo en cuenta la masa m_{est} así como la velocidad de conducción v, el valor real $F_{Br,est}$ estimado para la fuerza de frenado total. El regulador 7 está configurado para determinar un valor óptimo para la magnitud de ajuste 7a adicional, de manera que se minimiza la diferencia entre el valor teórico $F_{Br,soll}$ y el valor real $F_{Br,est}$ para la fuerza de frenado total.

25 La figura 2 muestra una comparación entre la regulación de desaceleración de acuerdo con el estado de la técnica (figura 2a) y la regulación de la fuerza de frenado de acuerdo con la invención (figura 2b) en el ejemplo de un vehículo ferroviario. Sobre el vehículo actúan, por una parte, fuerzas de resistencia al avance F_{FW} y, por otra parte, fuerzas de frenado F_{br} . Las fuerzas de resistencia al avance se dividen en la resistencia a la subida $F(\alpha)$, la resistencia al arco $F(r)$ y otras resistencias de vehículos y de trenes $F(v)$, tales como resistencias a la rodadura o aerodinámicas. Las fuerzas de frenado se componen del componente F_R de un freno de fricción, del componente $F_{mg/wb}$ de un freno electromagnético sobre el carril o freno de corrientes parásitas y del componente F_{ED} de un freno electrodinámico.

35 En el modelo de la regulación de desaceleración (figura 2a), todas las fuerzas suman a una fuerza total F_{ges} , a partir del cual, junto con la masa del vehículo m, se produce la desaceleración cinemática resultante a (dv/dt). Un regulador 7 recibe tanto el valor real a como el valor teórico a_{soll} a para esta desaceleración. Emite variables de control a un distribuidor de fuerza de frenado 8 de tal manera que el valor real de la desaceleración concuerda con el valor teórico. Una modificación en la resistencia a la subida por el cambio en una subida o en un declive descendente se compensa por el regulador 7, con los efectos secundarios desventajosos ya descritos.

40 En el modelo de la regulación de la fuerza de frenado (figura 2b) de acuerdo con un ejemplo de realización del sistema de frenado (1a) de acuerdo con la invención, la resistencia a la subida $F(\alpha)$, la resistencia al arco $F(r)$ y la resistencia de vehículos y de trenes $F(v)$ junto con la masa del vehículo m dan como resultado respectivamente componentes de aceleración a_{St} , a_{Bo} y a_{Fz} . Análogamente, la suma de todas las fuerzas de frenado F_{br} da como resultado una desaceleración a_{Br} . Todos los componentes de aceleración a_{St} , a_{Bo} , a_{Fz} efectivos se suman a una desaceleración total $a_{ges}=a$. El sensor 3 efectivo en la dirección de marcha para la desaceleración longitudinal del 45 vehículo, que es parte del estimador de fuerza de frenado 1 de acuerdo con la invención, proporciona solo la suma de los componentes de desaceleración a_{Bo} , a_{Fz} y a_{Br} ; la desaceleración en subida a_{St} no se detecta generalmente por el sensor 3. Los componentes de desaceleración registrados se transfieren a la unidad de evaluación 5 del estimador de la fuerza de frenado, que recibe adicionalmente la masa del vehículo m, la velocidad actual de conducción v así como la velocidad de rotación de las ruedas (velocidad de giro alrededor del eje vertical) ω_z y la 50 aceleración transversal a_y como entradas. La unidad de evaluación 5 calcula de ello la fuerza de frenado $F_{Br,est}$ estimada. Esto se suministra junto con un valor teórico $F_{Br,soll}$ al regulador 7. Al adaptar la magnitud de ajuste 7a, el regulador 7 ajusta las fuerzas de frenado de manera que el valor real $F_{Br,est}$ proporcionado por la unidad de evaluación 5 para la fuerza de frenado concuerda con el valor teórico $F_{Br,soll}$.

55 Un cambio relacionado con el terreno de la resistencia a la subida permanece fuera en este bucle de regulación. Con ello, el vehículo se comporta de manera intuitivamente correcta en el sentido de que, sin más intervención, la distancia de frenado en la subida es más corta y en el declive descendente es más larga. Esto puede compensarse por el conductor del vehículo (u otro bucle de regulación) por la adaptación del valor teórico $F_{Br,soll}$ para la fuerza de frenado.

La figura 3 muestra un dibujo detallado del flujo de señales para la regulación de la fuerza de frenado. Se basa en la figura 2b. En comparación con la figura 2b, están explicados los detalles de la unidad de evaluación 5. La unidad de evaluación 5 recibe la suma $\tilde{a}_1 = \tilde{a}_{mess}$ suministrada por el sensor 3 de los componentes de desaceleración a_{Bo} , a_{Fz} y a_{Br} . La división por la masa del vehículo m proporciona la fuerza total que fue el origen de la desaceleración. A partir de la velocidad de conducción v , se forma ahora un valor estimado $F(v)_{est}$ para la resistencia de vehículos y de trenes y se resta de la fuerza total. Después, a partir de la velocidad de rotación de las ruedas (velocidad de giro alrededor del eje vertical) ω_z y la aceleración transversal a_y , se forma un valor estimado $F(r)_{est}$ para la resistencia al arco y se descuenta asimismo. El resultado final proporcionado por la unidad de evaluación 5 es un valor estimado $F_{Br, est}$ para la fuerza de frenado. Este valor estimado se suministra al regulador 7 como valor real para la fuerza de frenado. El regulador 7 corrige, sobre la base de la diferencia entre este valor real $F_{Br, est}$ y el valor teórico $F_{Br, soll}$, los valores de magnitud de ajuste 7a, a los cuales se someten los frenos utilizados con la finalidad de concordar el valor real $F_{Br, est}$ con el valor teórico $F_{Br, soll}$.

El distribuidor de fuerza de frenado 8, que controla los frenos individuales y, en este aspecto, sirve como accionador, se precontrola en este ejemplo de realización con un valor de magnitud de ajuste 7b determinado estáticamente a partir de la desaceleración teórica a_{soll} y la masa del vehículo m_{est} . El valor de magnitud de ajuste 7a determinado por el regulador es un valor de corrección dinámica que se añade a este valor 7b determinado estáticamente. Detrás de esto está la consideración de que el precontrol estático lleva la fuerza de frenado al menos a las proximidades del valor teórico $F_{Br, soll}$. El regulador 7 solo tiene que corregir la diferencia. Con ello, se mejora la calidad de reglaje.

La figura 4 muestra el flujo de señales en otro ejemplo de realización ejemplar de la invención. A diferencia de la figura 3, en este caso se determina adicionalmente una derivación temporal de la velocidad de conducción v como componente de aceleración \tilde{a}_{kin} . A través de un sensor (10) y la evaluación (11), se determina de manera paralela a ello el componente de aceleración \tilde{a}_{st} , que vuelve a la fuerza de salida en pendiente. La desaceleración longitudinal \tilde{a}_{kin} determinado como derivación de la velocidad de conducción v se corrige en el componente de aceleración \tilde{a}_{st} que tiene su origen en la fuerza de salida en pendiente. El resultado se suministra como valor de aceleración \tilde{a}_2 a la unidad de comparación 9. Esta unidad de comparación 9 también recibe el valor de aceleración $\tilde{a}_1 = \tilde{a}_{mess}$, en el que están resumidos los componentes a_{Bo} , a_{Fz} y a_{Br} . Después de hacer plausibles los dos valores de aceleración \tilde{a}_1 y \tilde{a}_2 , un valor \tilde{a} resumido de estos, por ejemplo, un valor promedio, se reenvía a la unidad de evaluación 5.

Lista de referencias

1	Estimador de fuerza de frenado
1a	Sistema de frenado
2	Vehículo ferroviario
2a	Caja de vagón del vehículo ferroviario 2
2b	Rueda del vehículo ferroviario 2
2c	Suspensión secundaria entre el bogie 2g y la caja de vagón 2a
2d	Freno de corrientes parásitas
2e	Freno de fricción
2g	Bogie
2h	Cubo de rueda
2i	Tacómetro
3	Transmisor de aceleración
3a, 3b	Direcciones de medición del transmisor de aceleración 3
4	Medios para determinar la fuerza de salida en pendiente
5	Unidad de evaluación del estimador de fuerza de frenado 1
6	Sensor para determinar la masa del vehículo m_{est}
7	Regulador
7a	Valor de magnitud de ajuste generado por el regulador 7
7b	Valor de control previo determinado a partir del valor teórico $F_{Br, soll}$ para la magnitud de ajuste
8	Distribuidor de fuerza de frenado como accionador
9	Unidad de comparación
10, 11	Corrección de la desaceleración cinemática a_{kin} sobre la fuerza de salida en pendiente
20	Transmisor del valor teórico
\tilde{a} , \tilde{a}_1 , \tilde{a}_2	Componentes de aceleración
\tilde{a}_{kin}	Derivación temporal de la velocidad de conducción v
\tilde{a}_{mess}	Valor medido del transmisor de aceleración 3, 4
$F_{Br, est}$	Valor real estimado para la fuerza de frenado total
$F_{Br, soll}$	Valor teórico para la fuerza de frenado total
m	Masa del vehículo
m_{est}	Valor estimado para la masa del vehículo m
v	Velocidad de conducción

REIVINDICACIONES

1. Sistema de frenado (1a) para un vehículo ferroviario (2), que comprende un transmisor del valor teórico (20) para el valor teórico ($F_{Br,soil}$) de la fuerza de frenado total, un regulador (7) para determinar al menos un valor de magnitud de ajuste (7a) sobre la base de este valor teórico ($F_{Br,soil}$), así como al menos un accionador (8) que transmite este valor de magnitud de ajuste (7a) a al menos un equipo de frenado (2d, 2e),
 5 **caracterizado por que** están previstos medios (3, 3a, 3b, 4) para la determinación al menos aproximada de los componentes de aceleración (\ddot{a}) del vehículo ferroviario (2) así como medios (1, 5) para determinar el valor real ($F_{Br,est}$) de la fuerza de frenado total a partir de estos componentes de aceleración (\ddot{a}) teniendo en cuenta la velocidad de conducción (v) y la masa del vehículo (m, m_{est}), y por que el regulador (7) está configurado para regular el valor de magnitud de ajuste (7a) de tal manera que se reduce la desviación de regulación entre el valor teórico ($F_{Br,soil}$) y el valor real ($F_{Br,est}$) determinado, comprendiendo los medios (3) para determinar los componentes de aceleración (\ddot{a}) un primer transmisor de aceleración (3, 4, 3a) para determinar un valor medido (\ddot{a}_{mess}), y estando configurados los medios (3, 3a, 3b, 4) para determinar los componentes de aceleración (\ddot{a}) para determinar la desaceleración longitudinal (\ddot{a}_{kin}) del vehículo ferroviario (2) como derivación temporal de la velocidad de conducción (v) y para corregir el efecto de la fuerza de salida en pendiente (10, 11), comprendiendo los medios (1, 5) para determinar el valor real ($F_{Br,est}$) una unidad de comparación (9), que está configurada para hacer plausible uno contra el otro el valor medido (\ddot{a}_{mess}) y la derivación temporal (\ddot{a}_{kin}), corregida por el efecto de la fuerza de salida en pendiente, de la velocidad de conducción (v) antes de determinar el valor real ($F_{Br,est}$).
- 20 2. Sistema de frenado (1a) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el accionador (8) está precontrolado con un valor de magnitud de ajuste (7b) determinado directamente a partir del valor teórico ($F_{Br,soil}$) sin tener en cuenta el valor real ($F_{Br,est}$), y transmite una superposición de este valor de magnitud de ajuste (7b) con el valor de magnitud de ajuste (7a) determinado por el regulador (7) a al menos un equipo de frenado (2d, 2e).
- 25 3. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado por que** el regulador (7), adicionalmente al valor real ($F_{Br,est}$), recibe al menos una magnitud de entorno como retroalimentación para el regulador.
4. Sistema de frenado (1a) según la reivindicación 3, caracterizado por que el regulador (7) está configurado para determinar, a partir de gamas de valores para el valor real ($F_{Br,est}$), por una parte, y la magnitud de entorno, por otra parte, una relación funcional entre estas dos magnitudes.
- 30 5. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** está previsto un segundo transmisor de aceleración (3, 4, 3b) para determinar la fuerza de salida en pendiente y/o la inclinación longitudinal de la línea, siendo ortogonales entre sí las direcciones de medición (3a, 3b) de ambos transmisores de aceleración (3, 4, 3a, 3b).
- 35 6. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la regulación con retroalimentación del valor real ($F_{Br,est}$) está prevista solo para un subconjunto de los frenos (2d, 2e) efectivos.
7. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por** un regulador (7), que integra un historial de desviaciones entre el valor teórico ($F_{Br,soil}$) y el valor real ($F_{Br,est}$) de la fuerza de frenado en procesos de frenado anteriores en la determinación del valor de magnitud de ajuste (7a).
- 40 8. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la retroalimentación del valor real ($F_{Br,est}$) en el regulador (7) puede aumentar o disminuir la fuerza de frenado en una cantidad limitada y ajustable en dirección positiva y/o negativa.
- 45 9. Sistema de frenado (1a) según la reivindicación 1, **caracterizado por que**, adicionalmente a los medios (1, 5) para determinar el valor real ($F_{Br,est}$) de la fuerza de frenado que actúa sobre un vehículo ferroviario (2), y a los medios (3) para detectar componentes de aceleración (\ddot{a}), en particular la desaceleración longitudinal del vehículo, están previstos además medios (4) para detectar la fuerza de salida en pendiente que actúa sobre el vehículo, y por que está prevista una unidad de evaluación (5), que determina la fuerza de frenado ($F_{Br,est}$) sobre la base de la desaceleración longitudinal del vehículo y la fuerza de salida en pendiente.
- 50 10. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, con el fin de detectar la fuerza de salida en pendiente, están previstos medios (4a) para detectar la inclinación longitudinal de la línea en la ubicación actual del vehículo ferroviario (2).
11. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los medios (3) para detectar la desaceleración longitudinal del vehículo están integrados en un componente (3, 4) común con los medios (4) para detectar la fuerza de salida en pendiente.

12. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los medios (1, 5) o el equipo (1) para determinar el valor real ($F_{Br, est}$) están configurados para incluir una o varias de las fuerzas que actúan sobre el vehículo ferroviario (2) por resistencia del aire, resistencia a la rodadura y/u otras resistencias en la determinación del valor real ($F_{Br, est}$).
- 5 13. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** medios (6) para detectar la masa del vehículo ferroviario (2).
14. Sistema de frenado (1a) según la reivindicación 13, **caracterizado por que** los medios (6) para detectar la masa están integrados en una suspensión secundaria (2c) dispuesta entre la caja de vagón (2a) y las ruedas (2b) del vehículo ferroviario (2).
- 10 15. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** presenta al menos dos frenos (2d, 2e) diferentes de un grupo que comprende freno de fricción (2e), freno electrodinámico, freno electromagnético sobre el carril, freno de corrientes parásitas (2d) y retardador.
- 15 16. Sistema de frenado (1a) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** están previstos medios para la medición directa o indirecta de la fuerza de frenado de cada freno (2d, 2e) individual, y por que está previsto un circuito de supervisión, que compara la suma de estas fuerzas de frenado con el valor real ($F_{Br, est}$), suministrado por los medios (1, 5), para la fuerza de frenado.

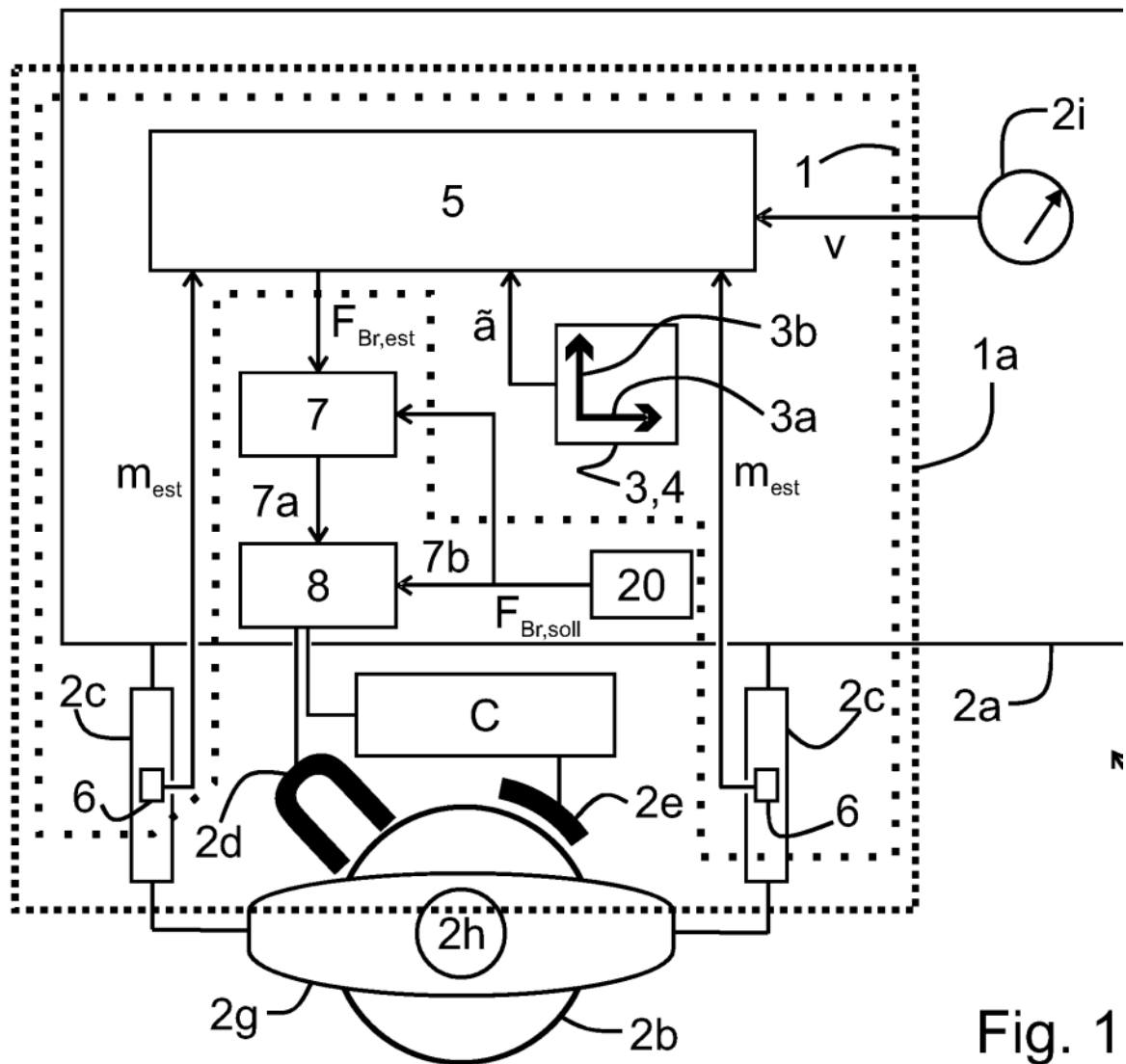


Fig. 1

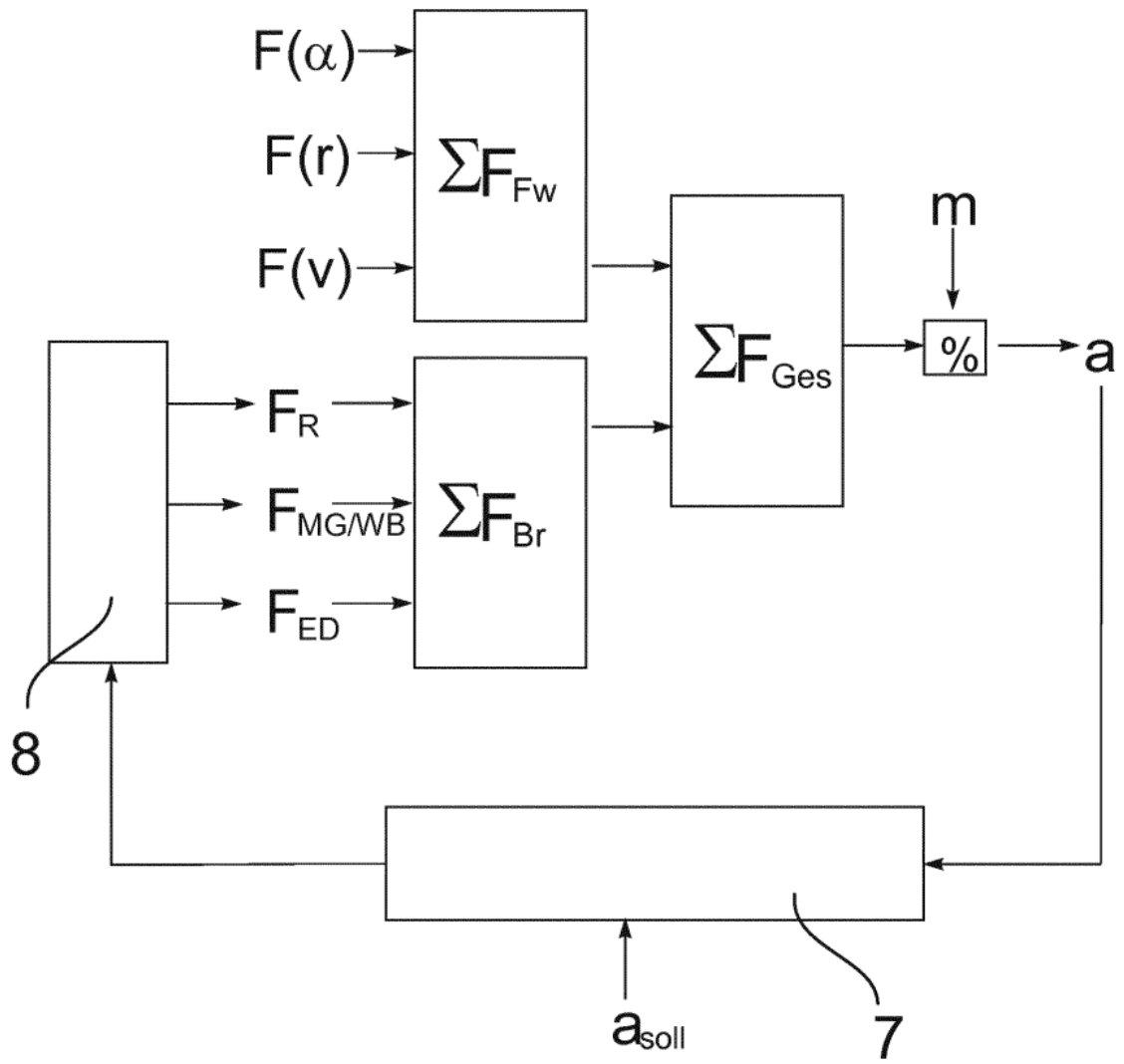


Fig. 2a

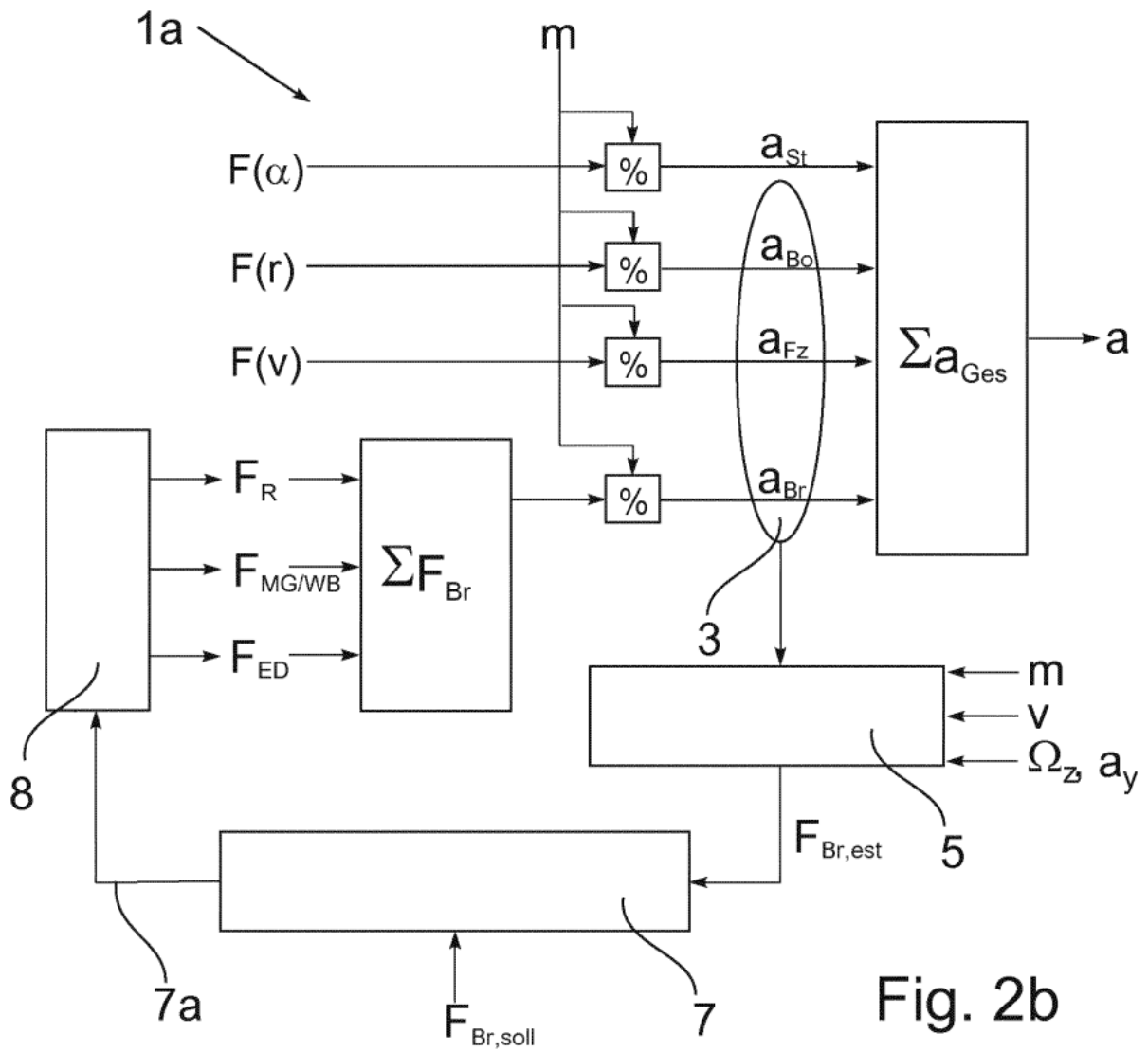


Fig. 2b

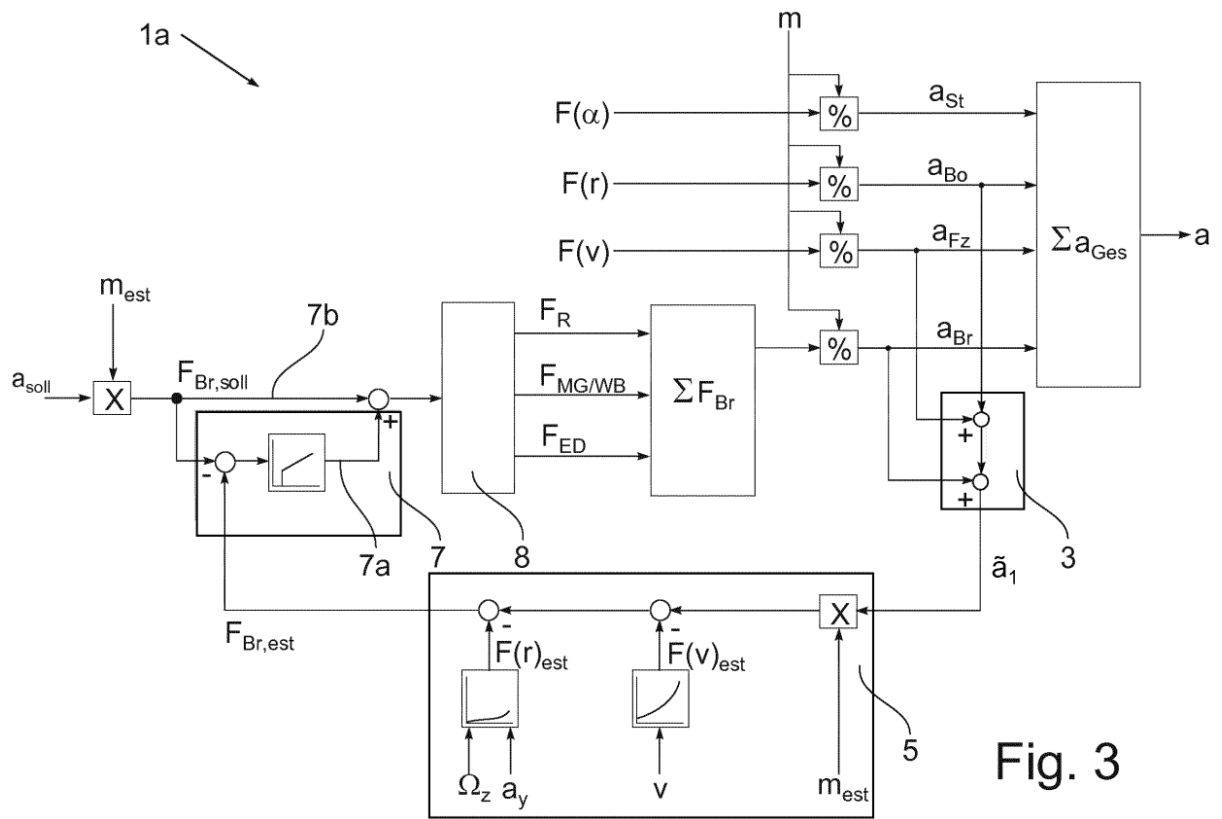


Fig. 3

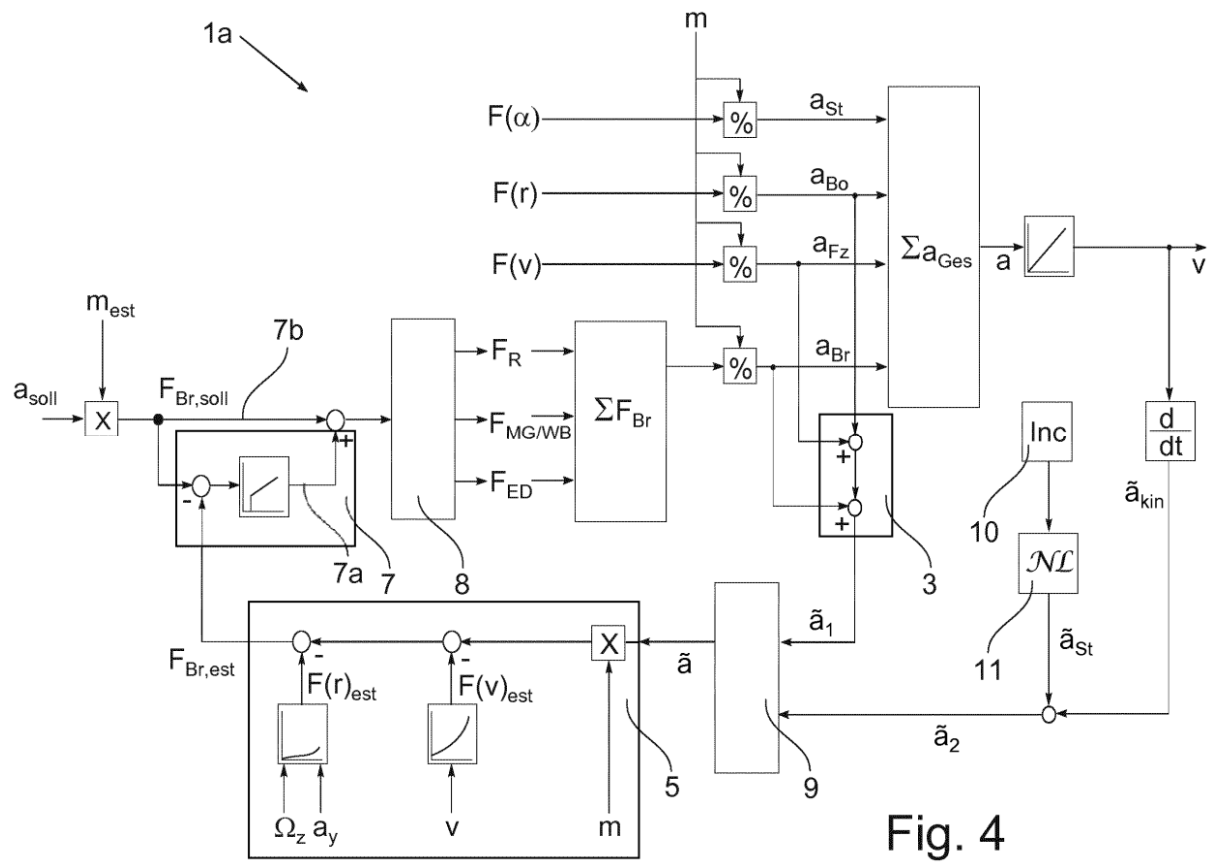


Fig. 4