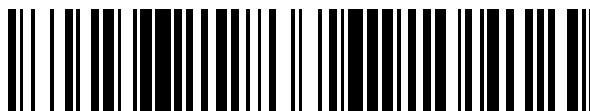


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 772 688**

51 Int. Cl.:

B60T 8/17 (2006.01)

B60T 8/1761 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2016** **PCT/EP2016/072964**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017** **WO17060126**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2016** **E 16770929 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019** **EP 3359430**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el control antideslizante adaptativo**

30 Prioridad:

05.10.2015 DE 102015116862

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.07.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**RASEL, THOMAS y
MAYER, REINHOLD**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 772 688 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

Dispositivo y procedimiento para el control antideslizante adaptativo

La presente invención hace referencia a un dispositivo y a un procedimiento para el control adaptativo de un sistema de frenos de un vehículo ferroviario mediante una función de control antideslizante, la cual evita un bloqueo de una rueda del vehículo ferroviario en condiciones de fricción desfavorables en el contacto rueda-raíl.

Los sistemas antideslizantes para vehículos ferroviarios ejercen una función similar a los sistemas antibloqueo (ABS) de un vehículo a motor. Durante el frenado de un vehículo ferroviario, debido a las condiciones de fricción cambiantes en la superficie de contacto entre la rueda y el raíl, puede producirse un reposo repentino del eje, por el cual puede resultar una aplanadura en el neumático de la rueda que empeora la concentricidad cuando el recorrido de frenado se extiende. Un objeto fundamental de los sistemas antideslizantes consiste en evitar que el eje se detenga durante el frenado, por ejemplo, mediante la adecuada ventilación y aireación automáticas de un cilindro de freno neumático.

Para frenar, el conductor aplica la presión de control del freno, con lo cual, después de un periodo de tiempo reducido, se ajusta una correspondiente presión del cilindro de freno en los cilindros de freno neumáticos en los juegos de ruedas. Debido al momento de frenado introducido de esta manera, el juego de ruedas se desacelera, provocando un deslizamiento entre la rueda y el raíl en las superficies de contacto de la rueda. El deslizamiento está definido en el caso del freno de la siguiente manera:

$$S=(v-R\omega)/v,$$

en donde s indica el deslizamiento, v la velocidad del vehículo, ω la velocidad del eje y R el radio nominal de la rueda. La fuerza de fricción que desacelera el vehículo ferroviario es el producto de la estrés mecánico por fricción que depende del deslizamiento y de la fuerza de contacto de la rueda. Con un deslizamiento creciente, la estrés mecánico por fricción aumenta abruptamente y disminuye lentamente tras alcanzar un valor máximo. El valor máximo de la fricción depende de diferentes factores influyentes, entre otros, de las condiciones meteorológicas y del estado de los raíles. Cuando el raíl está resbaladizo o cubierto de hojas de árboles en la estación del otoño, dicho valor es particularmente bajo. En una marcha sin deslizamiento no existe estrés mecánico por fricción.

Entonces, en un vehículo ferroviario, la fuerza de frenado o de tracción que se puede lograr es proporcional a la fricción disponible entre la rueda y el raíl. La máxima fricción que se encuentra disponible con el correspondiente deslizamiento de la rueda depende en este caso de una pluralidad de parámetros. Según el estado del arte existente, como se describe, por ejemplo, en la solicitud DE 10 2006 057 813 A1, es posible distinguir fundamentalmente dos rangos de deslizamiento. Por un lado, las condiciones de fricción que requieren un alto nivel de deslizamiento de la rueda, como el que es habitual, por ejemplo, en las pruebas de la norma UIC 541-05 de la Asociación Internacional de Ferrocarriles (Union Internationale des Chemins de fer (UIC)), en el caso de capas intermedias acuosas. Por otro lado, un deslizamiento leve cuando las capas intermedias consisten, por ejemplo, en hojas de otoño o sustancias oleosas.

Por lo tanto, un sistema antideslizante o un control de tracción debe ajustar el apropiado deslizamiento de la rueda para maximizar la fricción. Los sistemas antideslizantes convencionales admitidos según la norma UIC 541-05 regulan un deslizamiento típico de las ruedas en el rango de deslizamiento admisible por la UIC541-05. Dicho rango de deslizamiento coincide con las condiciones de prueba definidas en la norma con una mezcla de agua y jabón como fricción. En la solicitud DE 10 2006 057 813 A1 antes mencionada, se distinguen dos rangos de regulación diferentes en base a la experiencia de pruebas de conducción y régimen de marcha. Un rango de deslizamiento normal (<30%) y un rango de deslizamiento bajo (<5%). La conmutación entre los dos rangos de deslizamiento se realiza dependiendo de la estación (otoño), ya sea por una potencia de desaceleración insuficiente en el deslizamiento elevado de las ruedas, o por la evaluación de desaceleraciones del juego de ruedas.

En otros procedimientos antideslizantes, por ejemplo, se sigue un enfoque basado en modelos en el cual se identifican las propiedades del medio intermedio presente en el contacto rueda-raíl y de dichas propiedades se deriva el deslizamiento óptimo de la rueda que se necesita para alcanzar la máxima fricción. También se ha propuesto un ajuste del deslizamiento a la fricción máxima en base a una medición eje por eje de la relación fricción-deslizamiento. Otro enfoque propone no adaptar el deslizamiento de la rueda y en su lugar regular el 50% de los ejes en el rango de deslizamiento estándar (según UIC 541-05) y el 50% restante en un rango reducido de deslizamiento alternativo.

Los sistemas antideslizantes convencionales conforme al estado del arte, están esencialmente optimizados para un tipo de fricción. No se presenta una adaptación a diferentes condiciones. Cuando la fricción del momento requiere un deslizamiento de rueda leve o muy leve, entonces los ejes funcionan en un deslizamiento de rueda no óptimo.

Al adaptar el rango de deslizamiento, se deben considerar los parámetros específicos del vehículo (como aceleración, masa, fuerza, etc.). El abandono del estado de baja desaceleración (deslizamiento leve) no se explica con más detalle. Las desviaciones singulares a corto plazo en la aceleración del juego de ruedas pueden conducir a interpretaciones erróneas del rango de deslizamiento apropiado. Por lo general, se necesita una pluralidad de parámetros y/o diagramas característicos con datos de referencia para determinar las relaciones entre la fricción y el deslizamiento que son necesarias para decidir el rango de deslizamiento. En los sistemas en los cuales la evaluación del deslizamiento de las ruedas adecuado de todo el sistema se basa en la retroalimentación de un único eje, se supone que en todos los ejes existe un tipo de fricción similar.

El último enfoque sin adaptación propone una solución intermedia. Ofrece la ventaja de que no resulta necesario conocer ningún parámetro sobre el vehículo ferroviario y proporciona una distribución definida del deslizamiento de la rueda constante. De esta manera, se puede evitar una adaptación incorrecta. Sin embargo, sólo el 50% de los ejes funcionan, en consecuencia, en el rango de deslizamiento adecuado. La fuerza de frenado disponible del sistema es, por lo tanto, mayor que la de un sistema mal adaptado, pero menor que la de un sistema correctamente adaptado.

En la solicitud WO 2006 113954 A1 está revelado un dispositivo, así como un procedimiento para el control adaptativo de un sistema de frenos de un vehículo ferroviario mediante una función de control antideslizante según el concepto general de las reivindicaciones independientes.

Por lo tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un sistema antideslizante con un efecto de adaptación mejorado.

Esto se resuelve conforme a la invención mediante el principio de las reivindicaciones independientes incluidas. Las configuraciones y perfeccionamientos ventajosos de la presente invención son objeto de las reivindicaciones relacionadas.

Para resolver el objeto se recomiendan un dispositivo y un procedimiento para el control adaptativo de un sistema de frenos de un vehículo ferroviario; en donde el sistema de frenos se controla en función de un primer y un segundo rango de parámetros de deslizamiento predeterminados; en donde el primer rango de parámetros de deslizamiento es un rango de macrodeslizamiento con un rango de deslizamiento admisible más elevado y el segundo rango de parámetros de deslizamiento es un rango de microdeslizamiento con un rango de deslizamiento admisible más bajo; y en donde se determinan una fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento y una fuerza de frenado promedio del sistema de frenos lograda en el rango de deslizamiento del momento. Una transición del rango de macrodeslizamiento al rango de microdeslizamiento se inicia cuando una comparación de la fuerza de frenado promedio determinada en el rango de macrodeslizamiento con la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento indica un efecto de deslizamiento insuficiente en el rango de macrodeslizamiento. De manera alternativa, también es posible disponer una transición del rango de microdeslizamiento al rango de macrodeslizamiento, cuando una comparación de la fuerza de frenado promedio determinada en el rango de macrodeslizamiento con la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento indica un efecto de deslizamiento adecuado en el rango de macrodeslizamiento.

Cuando el control antideslizante se implementa recurriendo a un dispositivo informático con un procesador controlado por software, el procedimiento mencionado conforme a la presente invención también se puede realizar como un programa informático; en donde el programa informático comprende medios de código para la ejecución de los pasos según la reivindicación 9, cuando el programa se ejecuta en un dispositivo informático.

Lo ventajoso de la solución descrita consiste en que se propone un procedimiento cerrado para el control antideslizante, que permite una transición automatizada del rango de microdeslizamiento al rango macrodeslizamiento y viceversa. Como resultado, el deslizamiento de la rueda se puede adaptar de manera continua a las condiciones de fricción existentes. A causa del promedio en la determinación de la fuerza de frenado, las fluctuaciones estadísticas breves en la fricción no afectan la evaluación de los rangos de deslizamiento. Por el uso de variables promediadas y filtradas, los estados de fricción promedio ("imprecisos") y sus cambios se consideran en el control.

Por lo tanto, no es necesaria una correlación elaborada de la fricción y el deslizamiento para evaluar los rangos de regulación adecuados. Todas las decisiones sobre los rangos de deslizamiento deseados se basan en comparaciones de fuerzas de frenado promedio y recorridos de fricción. Por lo tanto, no es necesario conocer las fuerzas absolutas presentes en el momento. Una señal proporcional a la fuerza de frenado es suficiente.

En principio, tampoco es necesario conocer los parámetros del vehículo o de los componentes del freno. Si se utilizan señales proporcionales a la fuerza de frenado para diferenciar las fuerzas, las mismas se deberían preferentemente escalar de manera correspondiente. En un sistema de frenos neumático, la presión de frenado promediada se puede utilizar, por ejemplo, como una medida para la fuerza de frenado

De acuerdo con un primer perfeccionamiento ventajoso, el dispositivo puede estar diseñado para disponer la comparación mediante los medios de comparación en respuesta al alcance de un recorrido de fricción predeterminado. De esta manera puede asegurarse que la comparación de las propiedades del rango de macrodeslizamiento con las del rango de microdeslizamiento sólo se realiza después de que se haya alcanzado el recorrido de fricción predeterminado, de modo que se pueda lograr un resultado más significativo. El recorrido de fricción se puede determinar, por ejemplo, como producto del tiempo y la velocidad diferencial entre la rueda y el vehículo ferroviario.

De acuerdo con un segundo perfeccionamiento ventajoso, el dispositivo puede estar diseñado para dejar al menos un eje del vehículo ferroviario como eje de prueba para una fase de prueba en el rango de macrodeslizamiento, durante una transición al rango de microdeslizamiento. Con esta medida, las propiedades del rango de macrodeslizamiento se pueden continuar detectando paralelamente incluso después de la transición al rango de microdeslizamiento, para que también en el rango de microdeslizamiento se pueda realizar una comparación entre las propiedades del rango de macrodeslizamiento y las propiedades del rango de microdeslizamiento. Allí, la fase de prueba del eje de prueba puede finalizar preferentemente después de haber alcanzado un recorrido de fricción aplicado predeterminado o después de un tiempo máximo de prueba, para obtener de esta manera un valor significativo de la fuerza de frenado promedio en el eje de prueba operado en el rango de macrodeslizamiento. Sin embargo, la fase de prueba también puede continuar de modo que los ejes permanecen en el estado de regulación del macrodeslizamiento incluso después de la fase de prueba del macrodeslizamiento y, por lo tanto, los ejes de macrodeslizamiento pueden acumularse.

De acuerdo con un tercer perfeccionamiento ventajoso, el dispositivo puede estar diseñado para controlar los medios de ajuste del rango de deslizamiento para la finalización del rango de macrodeslizamiento del eje de prueba, cuando la fuerza de frenado promedio en el eje de prueba es menor que la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento. Por lo tanto, el eje de prueba sólo es operado en el rango de macrodeslizamiento, en la medida que su fuerza de frenado promedio sea mayor que la fuerza máxima de frenado disponible en el área de microdeslizamiento.

De acuerdo con un cuarto perfeccionamiento ventajoso, el dispositivo puede presentar otros medios de comparación para la comparación de la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de macrodeslizamiento con la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de microdeslizamiento; y en donde el dispositivo hace que los medios de ajuste del rango de deslizamiento operen todos los ejes del sistema de frenos en el rango de macrodeslizamiento cuando la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de macrodeslizamiento excede la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de microdeslizamiento. Allí, la fuerza de frenado promedio de los ejes de un rango de deslizamiento se puede determinar, por ejemplo, sumando las fuerzas de frenado promedio de los respectivos ejes del rango de deslizamiento. De acuerdo con el control antideslizante propuesto, el rango de macrodeslizamiento sólo se abandona, por lo tanto, cuando está disponible un potencial mejorado de todo el sistema de frenos en el rango de microdeslizamiento en comparación con las propiedades del momento del rango de macrodeslizamiento. La fuerza de frenado promedio alcanzable resulta, entonces, particularmente en el rango de microdeslizamiento, de la fricción proporcionada con la fuerza potencialmente disponible y la correspondiente regulación de microdeslizamiento. Ante un nivel de rendimiento bajo de la regulación de micro deslizamiento, el rango de microdeslizamiento se abandona nuevamente.

De acuerdo con un quinto perfeccionamiento ventajoso, los medios de determinación de la fuerza máxima pueden estar diseñados, por ejemplo, para determinar la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento ante una transición completa del contacto rueda-raíl a una fase de deslizamiento por la correlación con la fuerza necesaria para ello.

Otras ventajas, características, y posibles usos de la presente invención se deducen de la descripción a continuación, en relación con las figuras incluidas. Las figuras muestran:

Figura 1: un esquema de bloques esquemático de un sistema de frenos neumático con control antideslizante, en el cual se puede utilizar la presente invención.

Figura 2: un diagrama de flujo con un control antideslizante según un primer ejemplo de ejecución.

Figuras 3a y 3b: ejemplos de desarrollos cualitativos de una curva de estrés mecánico por fricción-deslizamiento en diferentes tipos de fricción utilizando el control antideslizante propuesto.

Figura 4: un esquema de bloques funcional esquemático de un control antideslizante con función adaptativa según un segundo ejemplo de ejecución.

A continuación, se describen ejemplos de ejecución de la presente invención usando como ejemplo una regulación antideslizante para un sistema de frenos neumático de un vehículo ferroviario.

La figura 1 muestra esquemáticamente un sistema de frenos con un dispositivo de regulación de frenos (RF) 51, en el cual la regulación antideslizante conforme a la invención se puede realizar de manera controlada por software o cableada. El sistema de frenos está proporcionado para frenar una pluralidad de ruedas de un vehículo ferroviario, como, por ejemplo, una rueda 52 mostrada en la figura 1. Para ello, a la rueda 52 que se muestra a modo de ejemplo, así como a todas las demás ruedas, no representadas, se les asigna un dispositivo de frenado (DF) 56 del sistema de frenado. Un dispositivo de válvula de control principal (VP) 60 del sistema de frenos neumático está conectado con el dispositivo de regulación de freno 51. El dispositivo de regulación de freno 51 está proporcionado para controlar el dispositivo de válvula de control principal 60 con el fin de proporcionar una presión de frenado común para el dispositivo de frenado 56 y los dispositivos de frenado de otras ruedas. Además, el dispositivo de frenado 56 dispone de una disposición de válvula de frenado que se puede controlar a través del dispositivo de regulación de freno 51 y que puede modificar la presión de frenado proporcionada por el dispositivo de válvula de control principal 60 conforme al dispositivo de regulación de freno 51. La presión de frenado modificada por la disposición de la válvula de frenado se aplica, por ejemplo, a un cilindro neumático del dispositivo de frenado 56 que sirve como generador de fuerza para accionar un dispositivo de freno de fricción, en este ejemplo, un freno de bloque que no se muestra en detalle. De esta manera, mediante el dispositivo de regulación de freno 51, se puede controlar una presión de frenado deseada para el freno de la rueda 52. Está proporcionado un sensor de revoluciones de rueda (SR) 64 para medir la velocidad de rotación de rueda de la rueda 52 y para suministrar al dispositivo de regulación de freno 51 una correspondiente señal a través de una conexión adecuada. Durante el funcionamiento, el dispositivo de regulación de freno 51 detecta los correspondientes datos de velocidad de la rueda 52 a través del sensor de revoluciones de rueda 64. A través de una conexión a un sensor de velocidad 70 opcional, el dispositivo de regulación de freno también detecta la velocidad de desplazamiento del vehículo ferroviario. A partir de ello, el dispositivo de regulación de freno 51 determina el deslizamiento real de rueda de la rueda 52.

En base al deslizamiento real que se conoce de la rueda 52, el dispositivo de regulación de freno controla el dispositivo de frenado 56 de tal manera que la rueda 52 se regula al menos al comienzo de una operación de frenado en el rango de valor objetivo de deslizamiento deseado. Para la regulación se utilizan los datos del sensor de revoluciones 64. El dispositivo de regulación de freno 51 también puede estar conectado con un dispositivo sensor de presión de frenado (que no se muestra), el cual detecta una presión de frenado principal presente en el dispositivo de válvula de control principal 60 y/o una presión de frenado que es efectiva individualmente en el dispositivo de frenado 56 y la transmite al dispositivo de regulación de freno 51. También puede estar previsto que el dispositivo de regulación de freno 51 determine la velocidad de desplazamiento a partir de las velocidades de rotación de múltiples ruedas.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de un control antideslizante adaptativo según el primer ejemplo de ejecución, como el que se puede realizar, por ejemplo, en el dispositivo de regulación de freno 51 según la figura 1, mencionado anteriormente. Como ya se mencionó, el control antideslizante adaptativo se puede implementar controlado por software o cableado.

Tras del inicio del proceso, primero, en el paso 301 se establece el rango de macrodeslizamiento para la regulación. Después, en el paso 302, la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento ante la transición completa del punto de contacto rueda-raíl al deslizamiento se determina, por ejemplo, por la correlación con la fuerza necesaria para ello y se almacena como la fuerza F_0 potencialmente disponible del rango de microdeslizamiento. En el paso posterior 303, la fuerza de frenado promedio se determina filtrando y/o promediando la fuerza realizada por el control antideslizante o el control de tracción. En el desarrollo posterior del control, la fuerza de frenado promedio puede ser el resultado de una regulación del macrodeslizamiento (indicada en adelante como "Fm_Mac") o de una regulación del microdeslizamiento (indicada en adelante como "Fm_Mic"). La fuerza de frenado promedio Fm_Mic en el rango de microdeslizamiento no corresponde necesariamente a la fuerza potencialmente disponible F_0 en el rango de microdeslizamiento. La misma es el resultado de la interacción de la fricción existente y las propiedades de la función de regulación del microdeslizamiento y, por lo tanto, también incluye el nivel de rendimiento de la regulación del microdeslizamiento.

Además, en el paso 303, también se suma un recorrido de fricción sRB, por ejemplo, como producto de la velocidad diferencial entre el juego de ruedas y el vehículo y el tiempo. Por supuesto, el recorrido de fricción también se puede determinar de otra manera adecuada que no sea la del deslizamiento acumulado en función del tiempo.

Las fuerzas medias Fm_Mic o Fm_Mac específicas del eje o de la rueda y las fuerzas potenciales F_0 , así como los recorridos de fricción introducidos son promediadas nuevamente en el paso 304 por el sistema. Por lo tanto, la decisión de la permanencia en el rango de macrodeslizamiento se basa en el estado general del sistema (indicado con el símbolo " Σ ") y no en las propiedades de los ejes o de ruedas individuales.

En el paso 305, se determina entonces si se aplicó un recorrido de fricción total ΣsRB del sistema que resulte suficiente para la fiabilidad de la decisión sobre la permanencia en el rango de macrodeslizamiento. En el caso de que no sea así, el proceso regresa al paso 304 y la suma del recorrido de fricción continúa. En el caso de que en el paso 305 se haya establecido un recorrido de fricción total suficiente ΣsRB del sistema, en el paso 306 se realiza una evaluación respecto a si la regulación de macrodeslizamiento y la fricción armonizan. Esto sucede porque se

compara la fuerza de frenado promedio del sistema ΣF_{m_Mac} lograda en el rango de macrodeslizamiento y la fuerza del sistema ΣkF_0 potencialmente disponible en el rango de microdeslizamiento y evaluada con un factor k (por ejemplo, $0,5 < k < 1,5$ o similares).

- 5 Cuando el efecto de macrodeslizamiento es suficiente, es decir, cuando la fuerza de frenado promedio del sistema ΣF_{m_Mac} lograda en el rango de macrodeslizamiento es mayor que la fuerza del sistema ΣkF_0 potencialmente disponible y evaluada en el rango de microdeslizamiento, el proceso regresa al paso 301 (alternativamente al paso 302) y se mantiene el rango de macrodeslizamiento.

- 10 Por el contrario, cuando el efecto de macrodeslizamiento es insuficiente, es decir, cuando la fuerza de frenado promedio del sistema ΣF_{m_Mac} lograda en el rango de macrodeslizamiento no es mayor que la fuerza del sistema ΣkF_0 potencialmente disponible y evaluada en el rango de microdeslizamiento, en el paso 307 se realiza la transición del sistema al rango de microdeslizamiento. Allí, todos los ejes se regulan primero en el rango de microdeslizamiento. A diferencia de lo anterior, en el paso 308, opcionalmente, se puede mantener al menos uno de los ejes como eje de prueba (EP) durante una fase de prueba siempre en el estado de la regulación de macrodeslizamiento. En el siguiente paso 309, se suma el recorrido de fricción del eje de prueba y se verifica si en la fase de prueba se aplicó un recorrido de fricción adecuado s_{RB} del eje de prueba. Cuando no es así, el paso 309 se repite hasta que se haya aplicado un recorrido de fricción adecuado. La fase de prueba del eje de prueba finaliza entonces después de que se haya establecido un recorrido de fricción aplicado que sea suficiente y el proceso continúa con el paso 310.

- 20 Mediante la comparación de la fuerza de frenado promedio referida al eje determinada en el interín del eje de prueba con la fuerza kF_0 potencialmente disponible y evaluada en el rango de microdeslizamiento, en el paso 310 se establece si el efecto de la fricción del eje de prueba es adecuado en el rango de macrodeslizamiento. En el caso de que así sea, el proceso prosigue con el paso 311. Cuando el efecto de fricción en el rango de macrodeslizamiento es insuficiente, es decir, cuando la fuerza de frenado promedio F_{m_Mac} del eje de prueba alcanzada en el rango de macrodeslizamiento no es mayor que la fuerza F_0 potencialmente disponible en el rango de microdeslizamiento, el proceso pasa al paso 311, en el cual se realiza una transición del eje de prueba al rango de microdeslizamiento.

- 25 Después de la finalización de la prueba de macrodeslizamiento en el paso 309, el eje también puede decidir independientemente la permanencia en el rango de macrodeslizamiento o el retorno al rango de microdeslizamiento según correspondientes criterios. El eje para la próxima prueba de macrodeslizamiento se puede seleccionar del "grupo" de los restantes ejes controlados por microdeslizamiento. Por lo tanto, a pesar del estado del sistema de microdeslizamiento, uno o más ejes se encuentran en el estado de control de macrodeslizamiento.

- 30 Finalmente, el proceso sigue con el paso 312, en el cual la fuerza de frenado promedio se determina nuevamente filtrando y/o promediando la fuerza realizada por el control antideslizante o el control de tracción. Las fuerzas medias F_{m_Mic} o F_{m_Mac} específicas de los ejes o de la rueda son promediadas nuevamente en el paso 313 por el sistema. Por último, después en el paso 314, la fuerza de frenado promedio del sistema de los ejes alcanzada en el rango de microdeslizamiento se compara con aquella de los ejes en el rango de macrodeslizamiento. Cuando el valor promedio de las fuerzas de frenado de los ejes en el rango de macrodeslizamiento excede el de los ejes en el rango de microdeslizamiento, entonces el proceso regresa al paso 301 y el sistema cambia nuevamente al rango de macrodeslizamiento. De lo contrario, el sistema permanece en el rango de microdeslizamiento y el proceso vuelve al paso 308 en donde un nuevo eje de prueba se coloca en el rango de macrodeslizamiento.

- 40 Las Figuras 3a y 3b muestran ejemplos de desarrollos cualitativos de una curva de estrés mecánico por fricción-deslizamiento en diferentes tipos de fricción utilizando el control antideslizante propuesto, en donde el eje horizontal correspondiente al deslizamiento S y el eje vertical correspondiente a la estrés mecánico por fricción.

- 45 En la figura 3a, el control antideslizante comienza en el rango de macrodeslizamiento. Con deslizamiento S creciente, la estrés mecánico por fricción asciende abruptamente y desciende lentamente después de alcanzar al menos un valor máximo local (que se corresponde con la fuerza máxima F_0 disponible en el rango de microdeslizamiento). Cuando el deslizamiento continúa aumentando, el sistema de frenos se vuelve inestable y el control antideslizante intensifica su intervención. Dependiendo de las condiciones de fricción en el punto de contacto rueda-raíl, bajo la influencia del control antideslizante o de tracción, resulta una relación continuamente cambiante entre el deslizamiento y la fricción. El desarrollo temporal de estos cambios se muestra arriba en la figura 3a, mediante las líneas complejas. La flecha en la figura 3a representa el aumento en el recorrido de fricción s_{RB} , que se determina sumando el producto de la velocidad diferencial entre el juego de ruedas y el vehículo y el tiempo.

- 50 Además, en la figura 3a también está indicada sobre el eje vertical una fuerza de frenado promedio F_{m_MaC} en el rango de macrodeslizamiento, la cual se determina filtrando y promediando el cambio en el tiempo de las fuerzas de frenado alcanzadas por el control antideslizante o de tracción. Dicha fuerza de frenado promedio se puede utilizar conforme a la invención para una decisión sobre el cambio entre el rango de macrodeslizamiento y el rango de microdeslizamiento, tal como se explicó anteriormente. En el ejemplo del escenario de fricción de la figura 3a, la

fuerza de frenado promedio en el área de macrodeslizamiento excede la fuerza máxima disponible F_0 en el rango de microdeslizamiento. Con ello, aquí, el control antideslizante mantendría el rango de macrodeslizamiento.

En la figura 3b está representado, a modo de ejemplo, otro escenario de fricción. Nuevamente, el control antideslizante comienza en el rango de microdeslizamiento. Aquí, también, la estrés mecánico por fricción asciende abruptamente al aumentar el deslizamiento S y desciende después de que se alcanza una fuerza máxima disponible F_0 . La estrés mecánico por fricción, aquí, es más reducida a causa de la menor fricción en el punto de contacto rueda-raíl. Aquí, con el recorrido de fricción aplicado no se presenta un aumento significativo de la fuerza de frenado promedio F_{m_MaC} en el rango de macrodeslizamiento. Ya que F_{m_MaC} es significativamente menor que la fuerza F_0 disponible en el rango de microdeslizamiento, el control antideslizante traslada el sistema al rango de microdeslizamiento.

En un primer caso, la fuerza de frenado promedio F_{m_MaC} en el rango de macrodeslizamiento es mayor que la fuerza de frenado promedio F_{m_MiC} en el rango de micro deslizamiento. Por lo tanto, en el primer caso, el sistema de control antideslizante regresa el sistema nuevamente al rango de macrodeslizamiento, en la medida que este resultado de comparación se mantenga válido incluso cuando se promedian todos los ejes operados en el rango de macrodeslizamiento y todos los ejes operados en el rango de microdeslizamiento.

En un segundo caso, la fuerza de frenado promedio F_{m_MaC} en el rango de macrodeslizamiento es menor que la fuerza de frenado promedio $F_{m_MiC_1}$ determinada aquí en el rango de micro deslizamiento. Por lo tanto, en el segundo caso, el sistema continúa funcionando en el microdeslizamiento, en la medida que este resultado de comparación se mantenga válido incluso cuando se promedian todos los ejes operados en el rango de macrodeslizamiento y todos los ejes operados en el rango de microdeslizamiento.

Las diferentes fuerzas de frenado promedio F_{m_Mic} y $F_{m_Mic_1}$ en el rango de microdeslizamiento pueden ser, por ejemplo, el resultado de un nivel de rendimiento diferente de la regulación del microdeslizamiento.

La figura 4 muestra un esquema de bloques funcional esquemático de un dispositivo de control antideslizante con función adaptativa según un segundo ejemplo de ejecución.

El esquema de bloques funcional comprende una pluralidad de combinadores lógicos y multiosciladores biestables (flip-flops), mediante los cuales se logra la función de control deseada.

El sistema de frenos se puede controlar de manera manual mediante un dispositivo de palanca de freno 42. El dispositivo de palanca de freno controla un dispositivo de válvula 43 que aplica aire comprimido a un pistón 41 de un dispositivo de frenado. Un bloque de control antideslizante 44 realiza un control antideslizante a través del correspondiente control del dispositivo de válvula 43.

En la salida del multioscilador RS central, a la derecha junto al bloque 46, se distinguen los estados del sistema macrodeslizamiento (parámetro binario MIC_SLP en el estado "FALSO") y microdeslizamiento (parámetro binario MIC_SLP en el estado "VERDADERO"). El estado a la salida de este multioscilador de estado del sistema indica, por lo tanto, si está activado el rango de macrodeslizamiento o el rango de microdeslizamiento.

Cuando el sistema se inicializa mediante el parámetro $INIT$ (arriba a la izquierda en la figura 4), que se ajusta allí en "VERDADERO", el multioscilador de estado del sistema se restablece a través de una compuerta OR (" ≥ 1 ") conectada con su entrada de reinicio (R). Como resultado, el parámetro MIC_SLP pasa al estado "FALSO" y el sistema funciona inicialmente en el rango de macrodeslizamiento. En el estado de macrodeslizamiento, todos los canales de control ($AxCtrl[x]$) del bloque de control antideslizante 44 funcionan con valores objetivos de macrodeslizamiento convencionales probados. En consecuencia, el parámetro de valor objetivo del microdeslizamiento $MiCslpCtrl[x]$ se ajusta en la salida negada del multioscilador RS a la izquierda del bloque 47 en el estado lógico "FALSO". Las fuerzas totales medias (F_{0m} , FBm) y el recorrido de fricción total ($SRBm$) se determinan promediando los valores individuales de contacto rueda-raíl, proporcionados por el bloque de control antideslizante 44, de la fuerza $F_0[x]$ disponible en el rango de microdeslizamiento, de la fuerza de frenado del momento $FB[x]$, y del recorrido de fricción $SRB[x]$ de los respectivos canales de control en un elemento sumador.

La evaluación de la eficacia de la regulación del macrodeslizamiento se realiza en presencia de un recorrido de fricción adecuado ($SRBm$) a través de la comparación de la fuerza obtenida (FBm) con la fuerza (F_{0m}) potencialmente disponible en el rango de microdeslizamiento en el bloque de comparación del sistema 46. En la medida que exista un efecto de macrodeslizamiento adecuado, el multioscilador de estado del sistema no se ajusta a través de su entrada de ajuste (S) y el parámetro MIC_SLP permanece en el estado "FALSO", ya que el sistema debería permanecer en el estado de macrodeslizamiento. Cuando el efecto de macrodeslizamiento es insuficiente, el multioscilador del estado del sistema se ajusta debido al cambio del estado lógico en la salida del bloque de comparación 46 y el sistema cambia al estado de microdeslizamiento debido al cambio resultante en el estado del parámetro MIC_SLP a "VERDADERO".

En el estado de microdeslizamiento, todos los canales de control inician primero en el rango de microdeslizamiento (parámetro *MiCslpCtrl[x]* en el estado "VERDADERO"). En paralelo a ello, un eje seleccionado a través de un bloque de selección de eje de prueba 47 (*AdhTst[x]*) siempre se encuentra en una fase de prueba (*TstMacSlp[x]*) con el control de estado de macrodeslizamiento (parámetro *MiCslpCtrl[x]* en el estado "FALSO").

5 Cuando es posible evaluar la efectividad del control de macrodeslizamiento para el eje de prueba (*TstMacSlp[x]*), el eje abandona la fase de prueba y se evalúa la permanencia del eje en el rango de macrodeslizamiento. La evaluación se realiza en el bloque de comparación de ejes 45 de acuerdo con las mismas reglas que a nivel del sistema, pero axialmente. Después de abandonar la fase de prueba, el eje decide de manera independiente si permanece en el macrodeslizamiento (parámetro *MiCslpCtrl[x]* en el estado "FALSO").

10 En el estado de microdeslizamiento, se produce por lo tanto una operación mixta de ejes en el rango de microdeslizamiento y de macrodeslizamiento. Dependiendo de la situación de fricción, con diferente distribución.

Un valor promedio (F_MIC) de las fuerzas de frenado alcanzadas de los ejes en el rango de microdeslizamiento se compara con un valor promedio (F_MAC) de las fuerzas de frenado alcanzadas de los ejes en el rango de macrodeslizamiento en un elemento de comparación (">") en la parte superior izquierda de la figura 4. Cuando las
15 fuerzas de frenado de los ejes de macrodeslizamiento superan las de los ejes de microdeslizamiento, el multioscilar del estado del sistema se restablece a través de la compuerta OR, se abandona el estado de microdeslizamiento y el sistema cambia al estado de macrodeslizamiento.

Por último, también es importante mencionar que el control en los ejemplos de ejecución descritos anteriormente también se puede iniciar en la secuencia inversa. Es decir, el control ajusta primero el sistema en el estado del sistema de microdeslizamiento y después verifica si el estado del sistema de macrodeslizamiento conduce a un
20 rendimiento de frenado suficiente (es decir, mayor o al menos equivalente). Este tipo de procedimiento puede resultar útil, por ejemplo, en una situación normativa diferente.

En síntesis, se describió un dispositivo y un procedimiento para el control adaptativo de un sistema de frenos de un vehículo ferroviario; en donde el sistema de frenos se controla en función de un primer y un segundo rango de
25 parámetros de deslizamiento predeterminados; en donde el primer rango de parámetros de deslizamiento es un rango de macro deslizamiento con un rango de deslizamiento admisible más elevado y el segundo rango de parámetros de deslizamiento es un rango de micro deslizamiento con un rango de deslizamiento admisible más bajo; y en donde se determina una fuerza de frenado máxima disponible en el rango de micro deslizamiento y una fuerza de frenado promedio del sistema de frenos lograda en el rango de deslizamiento del momento. Una transición del
30 rango de macrodeslizamiento al rango de microdeslizamiento se motiva cuando una comparación de la fuerza de frenado promedio determinada en el rango de macrodeslizamiento con la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento indica un efecto de deslizamiento insuficiente. De manera alternativa, es posible disponer una transición del rango de microdeslizamiento al rango de macrodeslizamiento, cuando una comparación de la fuerza de frenado promedio determinada en el rango de macrodeslizamiento con la fuerza máxima de frenado
35 disponible en el rango de microdeslizamiento indica un efecto de deslizamiento adecuado.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (51) para el control adaptativo de un sistema de frenos (56, 60) de un vehículo ferroviario mediante una función de control antideslizante, la cual evita un bloqueo de una rueda (52) del vehículo ferroviario en condiciones de fricción desfavorables en el contacto rueda-raíl, porque la función de control antideslizante controla el sistema de frenos (56, 60) conforme a un primer y un segundo rango de parámetros de deslizamiento predeterminados; en donde el primer rango de parámetros de deslizamiento es un rango de macro deslizamiento con un rango de deslizamiento admisible más elevado y el segundo rango de parámetros de deslizamiento es un rango de micro deslizamiento con un rango de deslizamiento admisible más bajo; caracterizado porque el dispositivo (51) comprende:
 - medios de determinación de la fuerza máxima (302) para la determinación de una fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento;
 - medios de determinación de la fuerza de frenado (303, 304) para la determinación de una fuerza de frenado promedio del sistema de frenado (56, 60) lograda en el rango de deslizamiento del momento;
 - medios de comparación (306) para la comparación de la fuerza de frenado promedio determinada en el rango de macrodeslizamiento con la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento; y
 - medios de ajuste del rango de deslizamiento (301, 307) para el ajuste del rango de macrodeslizamiento o del rango de microdeslizamiento;
 - en donde el dispositivo está diseñado para controlar los medios de ajuste del rango de deslizamiento (301, 307) en respuesta a un resultado de comparación de los medios de comparación (306) que indica un efecto de deslizamiento insuficiente en el rango de macrodeslizamiento para disponer una transición del rango de macrodeslizamiento al rango de microdeslizamiento; o en respuesta a un resultado de comparación de los medios de comparación (314) que indica un efecto de deslizamiento adecuado en el rango de macrodeslizamiento para disponer una transición del rango de microdeslizamiento al rango de macrodeslizamiento.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde el dispositivo (51) está diseñado para disponer la comparación mediante los medios de comparación (306) en respuesta al alcance de un recorrido de fricción predeterminado.
3. Dispositivo según la reivindicación 2, en donde el dispositivo (51) está diseñado para determinar el recorrido de fricción como producto del tiempo y la velocidad diferencial entre la rueda (52) y el vehículo ferroviario.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo (51) está diseñado para dejar al menos un eje del vehículo ferroviario como eje de prueba para una fase de prueba en el rango de macrodeslizamiento durante una transición al rango de microdeslizamiento.
5. Dispositivo según la reivindicación 4, en donde el dispositivo (51) está diseñado para finalizar la fase de prueba del eje de prueba cuando se alcanza un recorrido de fricción aplicado predeterminado o un tiempo máximo de prueba.
6. Dispositivo según la reivindicación 4 ó 5, en donde el dispositivo (51) está diseñado para controlar los medios de ajuste del rango de deslizamiento (301, 307) para la finalización del rango de macrodeslizamiento del eje de prueba, cuando la fuerza de frenado promedio en el eje de prueba es menor que la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento evaluada con un factor.
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo (51) presenta otros medios de comparación (314) para la comparación de la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de macrodeslizamiento con la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de microdeslizamiento; y en donde el dispositivo hace que los medios de ajuste del rango de deslizamiento (301, 307) operen todos los ejes del sistema de frenos en el rango de macrodeslizamiento si la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de macrodeslizamiento excede la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de microdeslizamiento, o que operen todos los ejes del sistema de frenos en el rango de microdeslizamiento si la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de microdeslizamiento excede la fuerza de frenado promedio de los ejes operados en el rango de macrodeslizamiento.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, en donde el dispositivo está configurado de tal manera que la fuerza de frenado promedio de los ejes se determina sumando las fuerzas de frenado promedio de los respectivos ejes.

9. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, en donde los medios de determinación de la fuerza máxima (302) están diseñados para determinar la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento ante una transición completa del contacto rueda-raíl a una fase de deslizamiento por la correlación con la fuerza necesaria para ello.

- 5 10. Procedimiento para el control adaptativo de un sistema de frenos (56, 60) de un vehículo ferroviario en el sentido de que se evita un bloqueo de una rueda (52) del vehículo ferroviario en condiciones de fricción desfavorables en el contacto rueda-raíl, en donde el sistema de frenos (56, 60) se controla conforme a un primer y un segundo rango de parámetros de deslizamiento predeterminados; en donde el primer rango de parámetros de deslizamiento es un rango de macro deslizamiento con un rango de deslizamiento admisible más elevado y el segundo rango de parámetros de deslizamiento es un rango de micro deslizamiento con un rango de deslizamiento admisible más bajo;
10 caracterizado porque el procedimiento comprende los siguientes pasos:
- determinación (302) de una fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento;
- determinación (303, 304) de una fuerza de frenado promedio del sistema de frenado (56, 60) lograda en el rango de deslizamiento del momento;
15 - comparación (306) de la fuerza de frenado promedio determinada en el rango de macrodeslizamiento con la fuerza máxima de frenado disponible en el rango de microdeslizamiento; y
- realización (307) de una transición del rango de macrodeslizamiento al rango de microdeslizamiento en respuesta a un resultado de comparación del paso de comparación (306) que indica un efecto de deslizamiento insuficiente en el rango de macrodeslizamiento; o una transición del rango de microdeslizamiento al rango de macrodeslizamiento en
20 respuesta a un resultado de comparación del paso de comparación (314) que indica un efecto de deslizamiento adecuado en el rango de macrodeslizamiento.
11. Programa informático con medios de código para la ejecución de los pasos según la reivindicación 10, cuando el programa se ejecuta en un dispositivo informático.

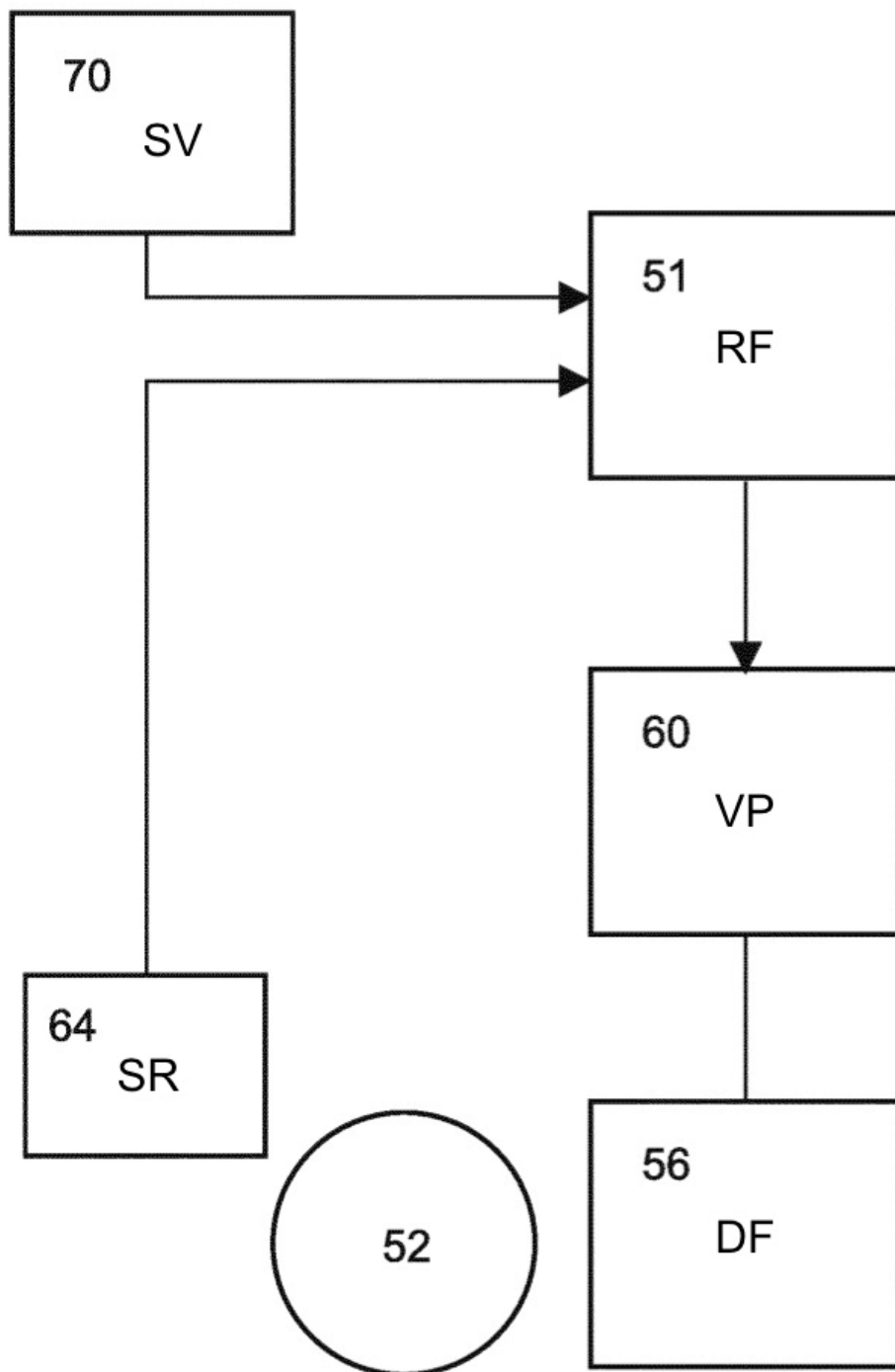
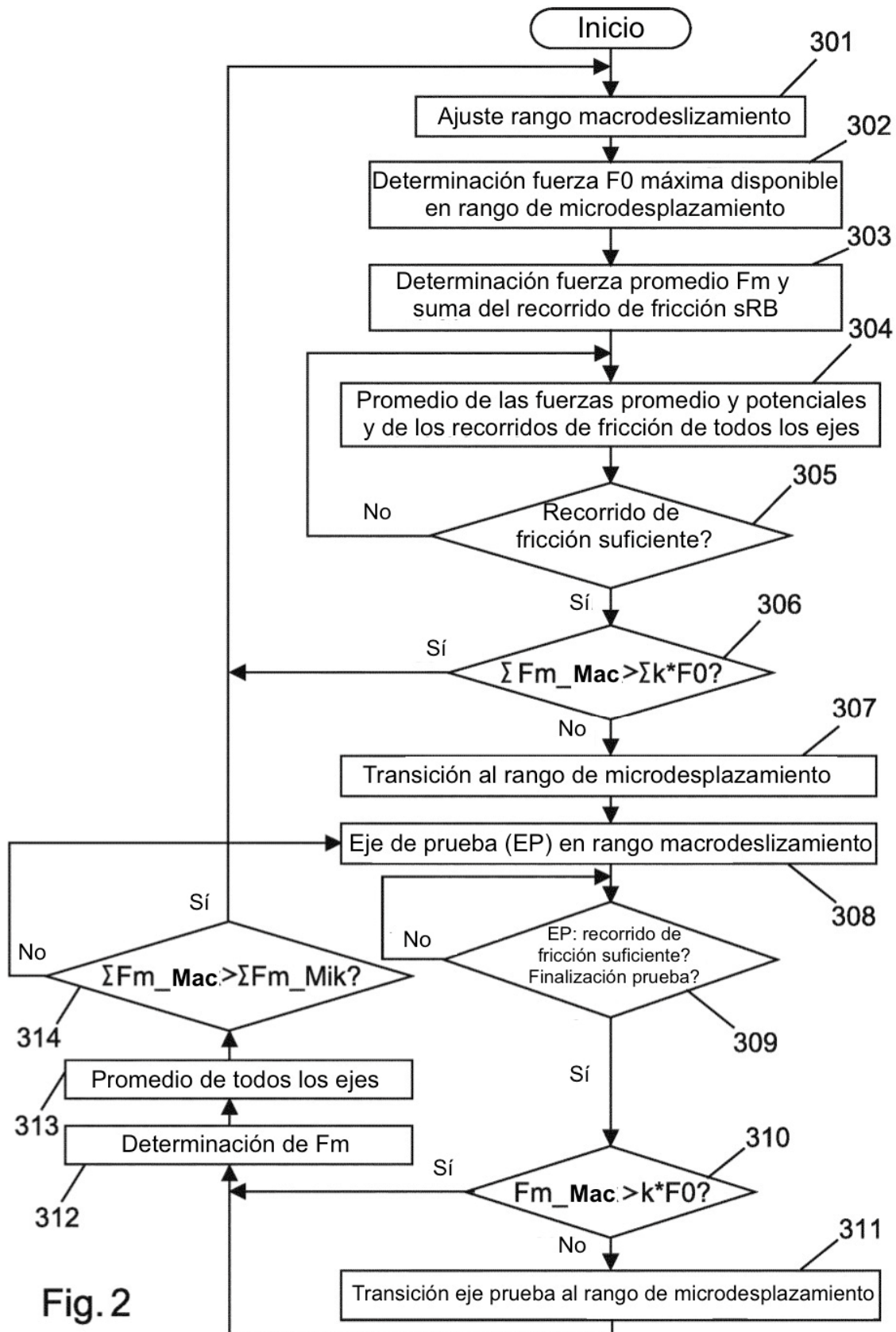


Fig. 1



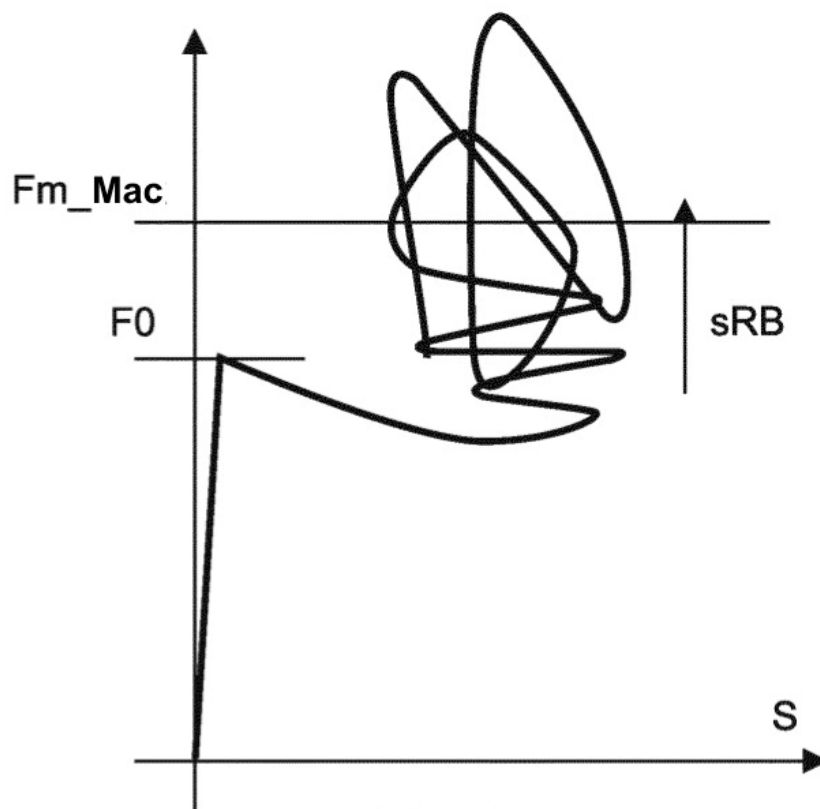


Fig. 3a

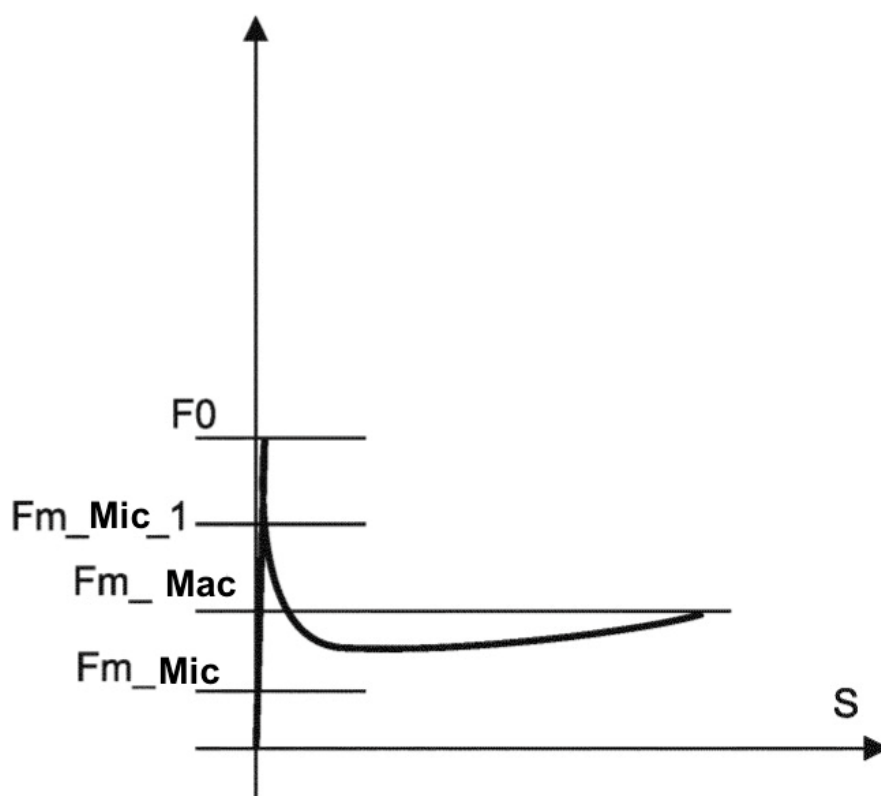


Fig. 3b

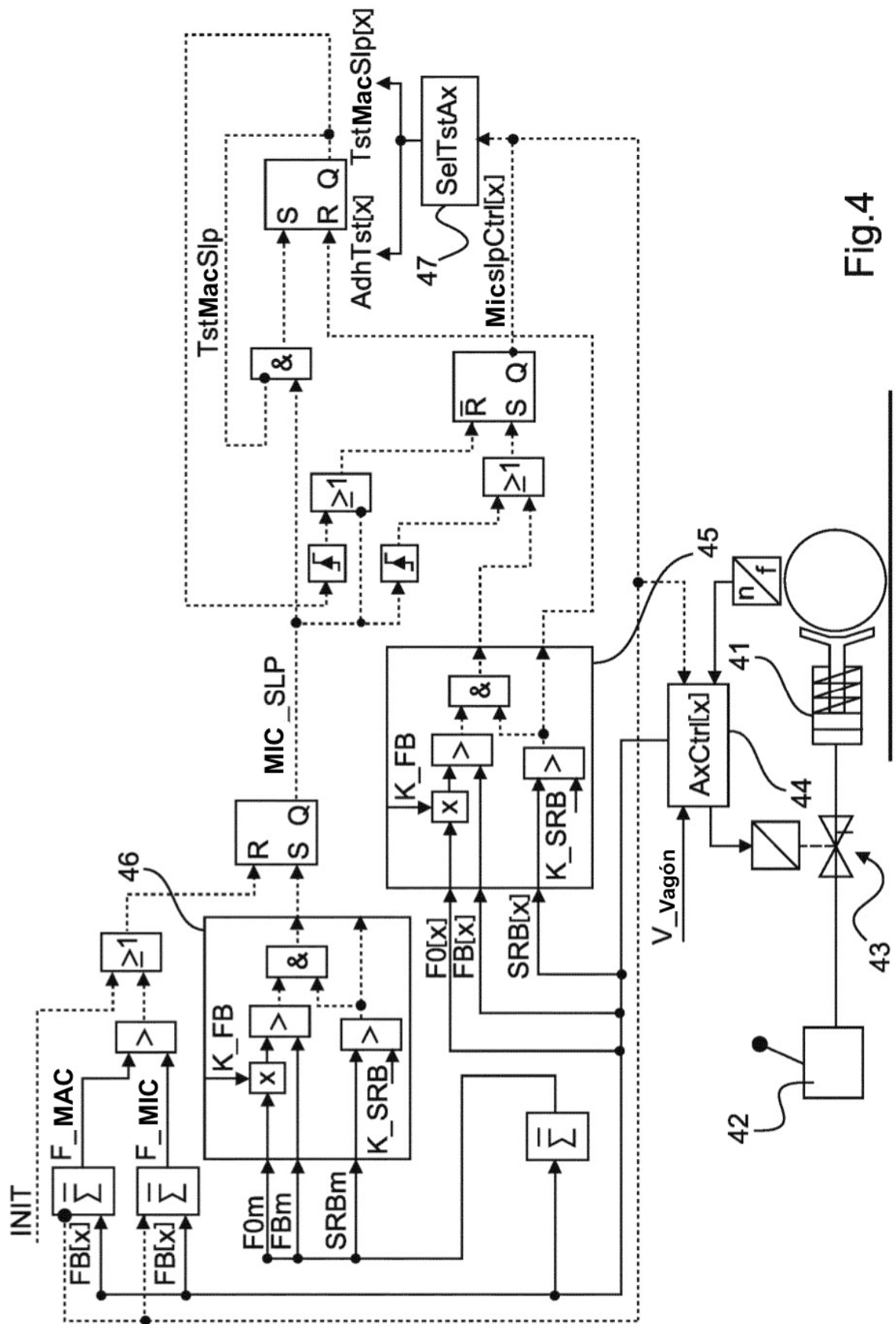


Fig.4