

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 225**

51 Int. Cl.:

**F16D 65/18** (2006.01)

**B60T 13/06** (2006.01)

**F16D 55/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2014 PCT/EP2014/057505**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2014 WO14170260**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2014 E 14717448 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 2986867**

54 Título: **Procedimiento para accionar un freno de fricción accionado eléctricamente**

30 Prioridad:

**15.04.2013 AT 502572013**

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

**23.09.2020**

73 Titular/es:

**VE VIENNA ENGINEERING FORSCHUNGS- UND  
ENTWICKLUNGS GMBH (100.0%)  
Teinfaltstrasse 8/4  
1010 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**PUTZ, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 784 225 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

Procedimiento para accionar un freno de fricción accionado eléctricamente

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para accionar un freno de fricción accionado eléctricamente, impulsado por un motor eléctrico, en el que para una operación de frenado para la generación de un efecto de frenado teórico predeterminado del freno de fricción se presiona una pastilla de freno contra una superficie de fricción.
- 10 Un freno de fricción para el frenado genera un momento de frenado predeterminado, o de manera análoga una fuerza de presión de frenado, en general un determinado efecto de frenado. A través del comportamiento de fuerza-trayectoria conocido del accionamiento de freno puede asociarse el momento de frenado deseado, o la fuerza de presión de frenado, a una trayectoria de accionamiento, por ejemplo a un ángulo de accionamiento, del que tiene que partirse para ocasionar el efecto de frenado deseado. Dado que el momento de frenado es igual a la fuerza de fricción por el radio de fricción y la fuerza de fricción es igual a la fuerza de presión de frenado por el coeficiente de fricción, puede interpretarse cada uno de estos valores como efecto de frenado.

20 Los frenos de fricción accionados eléctricamente usan un motor eléctrico para accionar el freno de fricción. El motor eléctrico impulsa a este respecto, eventualmente a través de una caja de engranajes intermedia o piezas de transmisión como levas, excéntricas, palancas, barras, cuñas, torsión de rampas esféricas, tornillos, cuerpos de rodadura en filetes de rosca (por ejemplo husillos cilíndricos), líquidos, gases, etc., un dispositivo de compresión, que recorre la trayectoria de accionamiento, para presionar la pastilla de freno contra la superficie de fricción.

25 En casos, en los que en el caso de parada del suministro eléctrico el freno de fricción accionado eléctricamente tiene que frenar de manera automática por motivos de seguridad, está prevista a menudo para ello una fuente de energía auxiliar, por ejemplo en forma de un resorte tensado, de un medio de presión, etc., para accionar de manera auxiliar el freno de fricción. Esto es necesario en particular en el caso de máquinas, como por ejemplo grúas, ascensores, etc., o también en el caso de frenos de ferrocarril.

30 Para regular el freno de fricción, tiene que regularse o bien el efecto de frenado (momento de frenado, fuerza de frenado, fuerza de presión de frenado) o bien de manera equivalente la trayectoria de accionamiento, lo que tiene lugar por regla general en un freno de fricción regulado electrónicamente por medio de una unidad de regulación de freno, por ejemplo un regulador PID. Para ello, se determinó o se estimó de algún modo hasta ahora por ejemplo la fuerza de presión de frenado. Según las circunstancias, se colocó también una galga extensiométrica en la pinza portapastillas, para determinar la deformación mecánica y con ello deducir la fuerza de presión. Tales galgas extensiométricas con su amplificador de evaluación requerido son costosas y sensibles y aumentarían intensamente el precio del freno. Por el contrario, en el caso de frenos hidráulicos o electrohidráulicos, la presión de frenado puede medirse de manera sencilla, para deducir de manera muy precisa la fuerza de presión, por lo que en el caso de tales frenos la regulación puede tener lugar de manera sencilla a través del efecto de frenado. En el caso de frenos de fricción accionados eléctricamente, en los que un motor eléctrico comprime la pastilla de freno a través de elementos de transmisión del dispositivo de compresión como palancas, excéntricas, levas, cables, husillos, líquidos, gases, etc., como por ejemplo en el documento WO 2010/133463 A1, la analogía aproximativa para la medición de presión sería una medición de corriente en el motor eléctrico, porque la corriente determina igualmente la fuerza. Es decir, la fuerza de presión de frenado podría medirse en teoría de manera precisa, igual de bien que con una medición de presión, mediante una medición de corriente del motor eléctrico.

50 En el documento DE 10 2006 052810 A1 se mide una corriente de motor o una velocidad de giro del motor eléctrico de unos frenos de estacionamiento accionados eléctricamente y a partir de esto un parámetro característico. El parámetro se usa para estimar a partir de las ecuaciones de sistema mecánicas y eléctricas el desarrollo de fuerza. No obstante, este desarrollo de fuerza estimado no se usa para accionar el freno de estacionamiento.

55 En la práctica, una medición de corriente sirve, pero solo de manera condicionada para la regulación de un freno de fricción accionado eléctricamente. El motor eléctrico tiene una corriente de polarización condicionada por el estado (por ejemplo influida por la fricción, temperatura, etc.), que perturba las medidas de corriente pequeñas, lo que conduce a imprecisiones. Los elementos de transmisión del dispositivo de compresión tienen rendimientos más o menos pobres y ante todo tampoco constantes, es decir en el caso de un rendimiento de transmisión pobre, la fuerza de presión de frenado en la pastilla de freno depende mal de la fuerza de entrada determinada a partir de la medición de corriente en los elementos de transmisión. Pueden imperar no linealidades o incluso estados indeterminados, en los que la fuerza de presión de frenado podría deducirse de la fuerza de entrada de manera pobre o solo de manera ambigua. Puede existir una ambigüedad por ejemplo en el caso de un freno accionado por excéntrica (como en el documento WO 2010/133463 A1), dado que por la geometría de la excéntrica la fuerza de entrada aumenta al inicio con la fuerza de presión de frenado, pero entonces, cuando la excéntrica se acerca al punto muerto cerca del disco de freno, la fuerza de entrada cae de nuevo mediante efectos autoenergizantes en el freno de fricción o mediante el diseño geométrico adecuado. Es decir, para una fuerza de entrada pueden ser posibles dos fuerzas de presión de frenado. Por consiguiente, no existe ninguna relación sencilla entre la fuerza de entrada determinada a partir de la medición de corriente y el efecto de frenado ocasionado, lo que sin embargo es

desfavorable para una regulación del efecto de frenado basándose en la fuerza de entrada. Cuando el freno de fricción está configurado, por ejemplo mediante relaciones de transmisión variables, corriente constante, etc., para momentos de motor eléctrico lo más constantes posible a lo largo de la trayectoria de accionamiento, la medición de corriente obtendría igualmente una fuerza de entrada constante y por consiguiente ya no tendría apenas importancia. Influencias desfavorables adicionales son la inercia de masa y la propia regulación de motor. Cuando se usa corriente para vencer la inercia de masa del motor, la corriente por sí sola no tiene importancia sobre la fuerza de presión de frenado. La regulación de motor se usa para ajustar una determinada posición, lo que tiene lugar por regla general con una regulación PWM (modulación por ancho de impulso). A este respecto, se originan impulsos de corriente, pero ninguna corriente continua medible. Una problemática adicional en la medición de corriente sería que una decisión, por ejemplo de que se alcanzó una determinada fuerza de presión de frenado, depende de una única medición de corriente, lo que es propenso a errores. También cosas bastante simples dificultan la medición de corriente. Si un estado se pone en marcha por ejemplo de manera lenta, la potencia de motor es menor y con ello la absorción de corriente, de modo que en la determinación de la fuerza de presión de frenado también tendría que tenerse en cuenta la velocidad. Todo esto conduce a que una regulación del freno de fricción basándose en una medición de corriente sencilla en el motor eléctrico sea muy difícil y por tanto desfavorable.

La regulación del freno de fricción a lo largo de la trayectoria de accionamiento sería concretamente más sencilla, pero para ello menos fiable, dado que con ello no puede deducirse de manera segura el logro de un efecto de frenado requerido. Por ejemplo a este respecto siguen sin tenerse en cuenta la influencia del desgaste de las pastillas de freno o de las rigideces variables del freno de fricción a diferentes temperaturas y no está establecido de manera segura que al alcanzar la posición teórica predeterminada también se logre realmente el efecto de frenado perseguido.

Del documento DE 10 2011 004 772 A1 se deriva un procedimiento para ajustar la fuerza de apriete ejercida por un freno de estacionamiento en un vehículo, en el que se lleva a cabo la operación de aplicación de freno para generar la fuerza de apriete hasta que el trabajo de apriete mecánico generado a este respecto alcance un valor umbral. Es decir, se evalúa la energía de accionamiento y se aplica hasta que se alcanza un valor umbral. Aunque este es un accionamiento de freno sencillo es muy impreciso, que es suficiente para un freno de estacionamiento, para un freno de servicio, en particular de un vehículo, pero seguramente es inadecuado, dado que a este respecto depende del logro preciso y rápido de un efecto de frenado teórico. Un sobreviraje indeseable puede al bloqueo indeseable y peligroso de la rueda de vehículo y un subviraje indeseable conduciría a no lograr el efecto de frenado requerido.

Por tanto, es un objetivo de la presente invención indicar un procedimiento para accionar un freno de fricción accionado eléctricamente, con el que puede influirse de manera dirigida en el efecto de frenado del freno de fricción en un determinado punto de trabajo, para lograr un efecto de frenado requerido del freno de fricción de manera fiable y poder regularlo o controlarlo de manera sencilla.

Este objetivo se alcanza según la invención porque para la operación de frenado se determina una energía de accionamiento del motor eléctrico y se usa la energía de accionamiento determinada para influir en el efecto de frenado del freno de fricción en un punto de trabajo determinado del freno de fricción, a fin de obtener el efecto de frenado teórico, en tanto que para la operación de frenado a partir de una energía de frenado de motor conocida del motor eléctrico y de la energía de accionamiento se determina una capacidad de absorción de energía del freno de fricción antes de alcanzar una posición teórica o efecto de frenado teórico y durante la operación de frenado se compara la energía cinética actual del motor eléctrico con la capacidad de absorción de energía correspondiente a la posición o efecto de frenado actual y al concordar se conmuta el motor eléctrico a frenado, a fin de influir en la evolución temporal del efecto de frenado para alcanzar la posición teórica o efecto de frenado teórico. Usando la energía de accionamiento se evalúa la energía, que se introduce durante el cambio desde un estado de puesta en marcha del freno de fricción (por ejemplo liberado) hasta un estado final del freno de fricción (por ejemplo frenado completo) en el freno de fricción. En el caso de la energía no desempeña ningún papel en qué trayectorias y en qué momento se alcanzó el estado final, con lo que la energía representa el estado final, independientemente de cómo se alcanzó el mismo. Una suma (o integral) para la determinación de la energía de accionamiento es relativamente estable frente a fallos de medición individuales, mediante el uso de muchos valores individuales, que pueden determinarse, lo que hace al procedimiento también muy robusto frente a perturbaciones ocasionales. De esta manera, pueden evitarse de manera sencilla los problemas con una medición de corriente. A excepción de esto, la determinación de la energía de accionamiento es sencilla y puede implementarse con poco gasto y existen una serie de posibilidades para determinar la energía de accionamiento del motor eléctrico, lo que permite una gran flexibilidad en la realización del procedimiento. A través de la capacidad de absorción de energía y la energía cinética se puede partir de una posición teórica deseada o un efecto de frenado teórico deseado con una velocidad residual deseada exactamente, con velocidad de accionamiento óptima y sin oscilación excesiva. Aquí no se supervisa el alcanzar la posición teórica o un efecto de frenado teórico, sino que se determina la mejor medida para el alcance exacto del valor teórico ya antes del alcance de los valores teóricos predeterminados. Esto permite una regulación sencilla y fiable del accionamiento de un freno de fricción accionado eléctricamente y el más rápido posible y también más exacto de la posición teórica o efecto de frenado teórico.

Mediante la determinación de la energía de accionamiento introducida realmente en el accionamiento como energía

de accionamiento real para la posición teórica o para un efecto de frenado teórico y mediante la comparación con una energía de accionamiento teórica conocida que debe esperarse, puede fijarse de manera sencilla una desviación ocasional y puede compensarse accionando el freno de fricción, a fin de obtener el efecto de frenado teórico. Con ello, al final de la operación de frenado puede comprobarse de manera sencilla si realmente se alcanzó el efecto de frenado teórico predeterminado, y corregirse una desviación establecida de manera ocasional. La corrección puede realizarse ventajosamente cuando se cambia la desviación cambiando la posición teórica. Con ello puede intervenir de manera correctiva en la operación de frenado actual. Pero la desviación también puede compensarse la regulación de un intersticio de aire mediante un ajustador de desgaste, preferentemente tras la separación del freno después de la operación de frenado. Alternativamente también se puede verificar el efecto de frenado sobre una desviación.

Para permitir un accionamiento de freno, cuando se para el suministro eléctrico, puede estar previsto impulsar el freno de fricción con una combinación de motor eléctrico y fuente de energía auxiliar, encontrándose la proporción de la fuente de energía auxiliar en el intervalo del 0 al 100%, preferiblemente del 20 al 100%.

Durante el uso del freno de fricción en un vehículo en una rueda de vehículo, puede limitarse el efecto de frenado teórico a un efecto de frenado libre de bloqueo almacenado, dependiente de las condiciones de calzada actuales, con el que se impide un bloqueo de la rueda de vehículo. De esta manera, pueden reducirse los casos de bloqueo y puede frenarse cerca del límite de agarre disponible, lo que mejora generalmente el comportamiento de frenado del vehículo.

La presente invención se explica a continuación en más detalle con referencia a las figuras 1 a 5, que muestran configuraciones ventajosas a modo de ejemplo, esquemáticamente y de manera no limitativa de la invención. A este respecto muestra:

la figura 1, un ejemplo de un freno de fricción accionado eléctricamente,

la figura 2, el comportamiento de fuerza-trayectoria de un freno de fricción de este tipo,

las figuras 3 y 4, el uso de la energía de accionamiento del motor eléctrico para el control del freno de fricción y

la figura 5, un procedimiento para el control del motor eléctrico para lograr de manera precisa una posición teórica con una velocidad residual deseada.

La invención se explica a continuación en más detalle mediante la figura 1 a modo de ejemplo mediante un freno de fricción 1 accionado eléctricamente representado esquemáticamente en forma de un freno de disco de pinza flotante. Los frenos de disco de pinza flotante, tal como se emplean habitualmente en vehículos, se conocen suficientemente por sí mismos, por lo que en este caso no se entra más en detalle en las características y el funcionamiento de un freno de disco de pinza flotante y en la instalación básica de un freno de disco de pinza flotante, por ejemplo en un vehículo. No obstante, la invención puede aplicarse básicamente también en otros tipos de freno, como por ejemplo un freno de tambor. Del mismo modo, puede estar prevista también otra superficie de fricción como disco de freno o tambor de freno, por ejemplo una superficie más o menos plana, por ejemplo como freno para un movimiento lineal.

La figura 1 muestra un freno de fricción 1 con una pinza flotante 2 como pinza portapastillas, que rodea una superficie de fricción, en este caso en forma de un disco de freno 4. En la pinza flotante 2 está dispuesta una pastilla de freno 3 fija (en relación con la pinza flotante 2) y una pastilla de freno 6 móvil (igualmente en relación con la pinza flotante 2). La pastilla de freno 6 móvil se presiona para el frenado mediante un dispositivo de compresión 10 contra el disco de freno 4, tal como se indica mediante la flecha doble en la figura 1. A este respecto, la pinza flotante 2 se centra de manera automática, de modo que las dos pastillas de freno 3, 6 se apoyan en el disco de freno 4 y se presionan contra el mismo. Para lograr un efecto de frenado deseado tiene que recorrerse una determinada trayectoria de accionamiento para vencer la elasticidad en el freno de fricción 1. Esta relación se ilustra en un comportamiento de fuerza-trayectoria (o de manera equivalente comportamiento momentos-ángulo) del freno de fricción 1. El comportamiento de fuerza-trayectoria de un freno de fricción 1 se conoce a partir de ensayos de estado de prueba o cálculos o simulaciones mediante la geometría del freno de fricción 1. Mediante la compresión de las pastillas de freno 3, 6 se origina la fuerza de presión de pastilla, que ocasiona un determinado momento de frenado. A este respecto, la pastilla de freno 3, 6 puede estar dispuesta también en cada caso sobre un portador 5 de pastilla.

El dispositivo de compresión 10 está dispuesto en una parte de freno. La parte de freno puede ser la pinza flotante 2, del mismo modo puede ser también, como en este caso, un ajustador de desgaste 11 conocido en sí mismo. A este respecto, el ajustador de desgaste 11 está dispuesto en la pinza flotante 2 y el dispositivo de compresión 10 está dispuesto a su vez en el ajustador de desgaste 11. A este respecto, todo el dispositivo de compresión 10 se mueve desde el ajustador de desgaste 11 para la compensación de un desgaste que se origina en las pastillas de freno 3, 6, para mantener el intersticio de aire dentro de unos determinados límites predefinidos. A este respecto, el dispositivo de compresión 10 o la pastilla de freno 3 puede estar guiado preferiblemente en el freno de fricción 1, por ejemplo como en este caso en la pinza flotante 2. Un ajustador de desgaste 11 de este tipo se conoce en sí mismo

en una realización múltiple, por lo que en este caso no se entra en más detalle en el mismo. El ajustador de desgaste 11 o bien puede utilizarse solo en el caso de un intersticio de aire excesivo entre la pastilla de freno 3, 6 y el disco de freno 4 para el guiado posterior (de manera similar a los frenos de tambor), o bien puede utilizarse también poco antes de cada accionamiento de freno, para hacer cero el intersticio de aire (también ambos) entre la pastilla de freno 3, 6 y el disco de freno 4 e incluso para introducir una primera fuerza de compresión pequeña en el freno de fricción 1. Al final del accionamiento de freno puede llevarse el ajustador de desgaste 11 de nuevo a una posición sin apenas efecto de frenado residual disponible o intencionalmente puede ajustarse un intersticio de aire, para retirar la pastilla de freno 3, 6 completamente de la superficie de fricción, para eliminar con ello las pérdidas de un efecto de frenado residual mínimo. Para ello, el ajustador de desgaste 11 puede alejarse una determinada posición del contacto de fricción, o iniciarse un tiempo determinado, para retirar la pastilla de freno 3, 6 de la superficie de fricción. Para un para un freno de disco de pinza flotante, el ajustador de desgaste 11 puede utilizarse también, para retirar ambas pastillas de freno completamente del disco de freno, tal como se explica en más detalle por ejemplo en el documento WO 2010/133463 A1.

El dispositivo de compresión 10, por ejemplo tal como se explica más en detalle en el documento WO 2010/133463 A1, comprende una parte de retención 7, en la que se apoya la pastilla de freno 6 o su portador 5 de pastilla. En la parte de retención 7 está montado a ambos lados un árbol de compresión 8. El árbol de compresión 8 está montado a su vez en un árbol de accionamiento 9 realizado como árbol hueco, estando realizada la perforación axial en el árbol de accionamiento 9 de manera excéntrica con respecto al eje de giro del árbol de accionamiento 9. El árbol de accionamiento 9, que está montado en una parte de freno, en este caso el ajustador de desgaste 11, se torsiona mediante un medio de accionamiento 20, de modo que el árbol de compresión 8 se mueve a través de la perforación excéntrica, según el sentido de giro, hacia el disco de freno 4, o alejándose del mismo (indicado mediante la flecha doble). Por consiguiente, las fuerzas de presión de frenado se generan en este caso a través de una excéntrica y la energía de frenado requerida para el funcionamiento del freno, con la eventual excepción de los efectos autoenergizantes que aparecen, se carga por el medio de accionamiento 20, por ejemplo un motor eléctrico 21. En lugar del árbol de compresión 8 montado de manera excéntrica en el árbol de accionamiento 9, podría servir también una extensión de árbol dispuesta de manera excéntrica en el árbol de accionamiento 9, en la que está dispuesta de manera montada la parte de retención 7. Del mismo modo, el dispositivo de compresión 10 podría estar realizado en forma de una leva, que actúa en el portador 5 de pastilla o en una parte de retención 7, o en forma de una palanca acodada.

Como medio de accionamiento 20 está previsto un motor eléctrico 21, que en este caso se torsiona a través de una barra 22 una palanca de accionamiento 23 dispuesta en el árbol de accionamiento 9. Evidentemente, podría considerarse también cada accionamiento adecuado distinto como medio de accionamiento 20, de modo que se impulsa por ejemplo un motor eléctrico, que impulsa directamente el árbol de accionamiento 9, a través de una caja de engranajes o una palanca de arrastre de rodillo. A este respecto, el dispositivo de compresión 10 tiene una determinada zona de trabajo fija, en este caso por ejemplo en forma de una zona angular de accionamiento de la parte de accionamiento, por ejemplo del árbol de accionamiento 9. A este respecto, la zona de trabajo se elige ventajosamente de modo que se obtengan relaciones de transmisión favorables para la generación del efecto de frenado.

Naturalmente, las fuerzas de presión de frenado en el freno de fricción 1 accionado por el motor eléctrico 21 pueden generarse también con un dispositivo de compresión con otros medios conocidos, como por ejemplo tornillos, cuerpos de rodadura en filetes de rosca (por ejemplo husillos cilíndricos), cuñas, torsión de rampas esféricas, presiones de gases o líquidos, etc.

Tales frenos de fricción 1 pueden presentar un comportamiento de fuerza-trayectoria no lineal, es decir curvas características, que no tienen ninguna relación lineal entre el efecto de frenado, en este caso por ejemplo el momento de frenado  $T_B$  (curva 12), y la trayectoria de accionamiento, en este caso por ejemplo el ángulo de accionamiento  $\alpha$ , como se representa en la figura 2 a modo de ejemplo. Del mismo modo, en la figura 2 se representa el momento de accionamiento  $T_E$  (curva 13), que tiene que cargarse por el motor eléctrico 21 para lograr el efecto de frenado. Mediante efectos autoenergizantes o un diseño geométrico o cinemático correspondiente del freno de fricción 1, el momento de accionamiento  $T_E$  puede caer de nuevo también a partir de un determinado ángulo de accionamiento  $\alpha$ , como resulta evidente en la figura 2. A partir de esto se obtiene también directamente una relación entre el momento de accionamiento  $T_E$  y un momento de frenado logrado  $T_B$ . Estas curvas se conocen para un freno de fricción 1, por ejemplo a partir de ensayos de estado de prueba correspondientes, a partir de simulaciones o a partir de cálculos. Sin embargo, por regla general existe una completa familia de curvas de tales curvas 12, 13, para tener en cuenta diferentes influencias, como por ejemplo el desgaste de las pastillas de freno o la temperatura.

El freno de fricción 1 se controla por ejemplo por una unidad de regulación de freno 30, tal como se explica en detalle a continuación. A este respecto, la unidad de regulación de freno 30 puede estar conectada con una unidad de control 31 de orden superior, por ejemplo un sistema de asistencia al conductor o de frenado (ABS, ESP, etc.) en vehículos o en un control de máquina (por ejemplo ascensor, grúa), o puede obtenerse de otra fuente, por ejemplo de un pedal de freno, un "deseo de frenado". A este respecto, un "deseo de frenado" se entiende de modo que desde el freno de fricción 1 se exige un determinado efecto de frenado como reacción a un determinado incidente,

por ejemplo el conductor pisa en el pedal de freno, se activa el sistema de asistencia al conductor, el control de máquina señala el frenado, etc., un determinado efecto de frenado. Los sensores para la detección de los valores de medición requeridos para la regulación, como por ejemplo la corriente de motor  $I_E$  o la velocidad de giro de motor  $n_E$  no se representan por motivos de claridad.

5 Una operación de frenado se inicia con un momento de frenado de puesta en marcha  $T_{BA}$ , que se logra con un determinado momento de accionamiento de puesta en marcha  $T_{EA}$  y con un determinado ángulo de accionamiento de puesta en marcha  $\alpha_A$ . El estado de puesta en marcha puede ser por ejemplo "freno completamente liberado", es decir  $T_{BA}=0$ , o un valor de puesta en marcha general como en el ejemplo de la figura 2 y 3. El efecto de frenado se  
10 aumentará con el dispositivo de compresión 10 hasta un momento de frenado teórico  $T_{BB}$ , que se obtiene con un determinado momento de accionamiento teórico  $T_{EB}$  y este se obtiene del deseo de frenado. El ángulo de accionamiento de freno  $\alpha_B$  correspondiente al momento de frenado teórico  $T_{BB}$  puede determinarse a partir del comportamiento de fuerza-trayectoria conocido del freno de fricción 1, por ejemplo a partir de tablas o curvas consignadas. Este ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$  se pone en marcha por la unidad de regulación de  
15 freno 30. Para garantizar que se logra el efecto de frenado deseado, en este caso en forma del momento de frenado teórico  $T_B$ , se determina ahora la energía de accionamiento  $E_E$  cargada durante la operación de frenado, por ejemplo la energía de motor mecánica del motor eléctrico 21 (indicada mediante la flecha en la figura 3) o de manera equivalente la energía eléctrica del motor eléctrico 21, y se corrige el efecto de frenado dado el caso. La energía de accionamiento  $E_E$  determinada del freno de fricción 1 puede usarse del mismo modo para influir de manera dirigida  
20 el efecto de frenado del freno de fricción 1 durante la operación de frenado, por ejemplo en una regulación del freno de fricción 1, tal como se explica adicionalmente a continuación.

A este respecto, la energía de accionamiento  $E_E$  puede determinarse de manera diferente pero relativamente sencilla. Dado que la energía es la integral temporal, o la suma, de la potencia instantánea, que se obtiene a su vez  
25 del momento de giro multiplicado por la velocidad de giro del motor eléctrico 21, puede determinarse de manera sencilla la energía de motor mecánica como energía de accionamiento  $E_E$ . La velocidad de giro  $n_E$  del motor eléctrico 21 puede determinarse por medio de un sensor de velocidad de giro adecuado, que pueden emplearse en cualquier caso de manera estándar en el motor eléctrico 21. El momento de giro  $T_E$  del motor eléctrico 21 puede determinarse a partir de una variable eléctrica, por ejemplo la corriente de motor por la constante de momento de  
30 giro conocida del motor eléctrico 21. Una colocación de sensores de fuerza o de momento sería concretamente posible del mismo modo, pero sería costosa y por tanto desventajosa en la mayoría de los casos. Por tanto, se prefiere los métodos de las constantes de momento de giro preferiblemente, porque la constante de momento de giro describe a lo largo de zonas de motor amplias en la mayoría de los casos linealmente bien la relación entre la corriente y el momento. Igualmente, puede deducirse el momento de giro  $T_E$  también a través de la curva  
35 característica de motor mecánica conocida del motor eléctrico 21, que indica qué velocidad de giro  $n_E$  se obtiene con qué momento de giro  $T_E$ . A partir de esto puede consultarse el momento de giro  $T_E$  correspondiente a la velocidad de giro  $n_E$  en la curva característica de motor, o en tablas correspondientes. Cuando sea necesario, puede usarse la tensión de motor imperante de manera instantánea también para la mejora de la precisión, calculándose con la tensión por ejemplo una corrección, aplicándose por ejemplo curvas características de motor para diferentes  
40 tensiones o indicando un factor la modificación con la tensión o calculándose con las constantes de velocidad de giro del motor eléctrico 21 una corrección.

Alternativamente podría determinarse a través de la corriente de motor y la tensión de motor también la potencia instantánea eléctrica y podría calcularse a partir de la misma a través del rendimiento de motor la potencia  
45 mecánica. A este respecto, el rendimiento de motor puede suponerse por ejemplo constante o leerse o calcularse por ejemplo a partir de una curva o tabla predeterminada. La potencia del motor eléctrico depende como se conoce de la temperatura (material magnético, resistencia de cobre) y otros factores, como por ejemplo la edad. Estas influencias, que podrían consignarse a su vez en forma de curvas o tablas, podrían usarse a este respecto como factores de corrección. Del mismo modo, como energía de accionamiento  $E_E$  podría recurrirse también directamente  
50 a la energía de motor eléctrica.

A partir de las potencias instantáneas, puede determinarse entonces mediante integración o mediante suma la energía de accionamiento  $E_E$  por ejemplo en forma de la energía de motor mecánica, que se dedicó para llevar el freno de fricción 1 del estado inicial  $\alpha_A$  al estado teórico  $\alpha_B$ . En el caso de los microprocesadores, como es habitual  
55 en los controles de freno actuales, es naturalmente más interesante una suma. Para ello puede elegirse un patrón adecuado, como por ejemplo un patrón temporal, un patrón, con el que se relacionan los cálculos, es decir por ejemplo etapas longitudinales o angulares o etapas arbitrarias como revoluciones de motor, o incluso un patrón estadísticamente casual, en el que se determinan las potencias instantáneas, estas se multiplican por los intervalos y a partir de esto se forma una suma continua. La multiplicación por los intervalos puede omitirse también por  
60 conveniencia, entonces la energía es un valor relativo, que no obstante también puede usarse. El patrón se elige a este respecto naturalmente de modo que no se ocasiona ningún efecto de cambio desventajoso. Por ejemplo puede el patrón temporal puede coincidir con el patrón temporal, que se usa para conmutar las corrientes de motor o estar proporcionado con respecto al mismo. Por ejemplo puede medirse una o varias veces en el patrón temporal PWM, que predetermina los impulsos de inicio, la corriente (y dado el caso también la tensión) y la velocidad de giro  $n_E$ ,  
65 para calcular a partir de las mismas las potencias instantáneas.

Dado que existen muchas posibilidades físicas del cálculo de energía, por ejemplo fuerza \* trayectoria, momento de giro \* ángulo, procedimiento eléctrico, cálculo a través de potencias, etc., puede utilizarse naturalmente cada cálculo físicamente posible. Las etapas de cálculo pueden relacionarse con etapas temporales, etapas de posición e incluso etapas casuales y también son posibles asimismo procedimientos sin etapas, como por ejemplo cálculos integrales y

5 diferenciales, como valores promedio o valores representativos, dado que siempre está presente el principio de energía mencionado. También pueden concebirse cálculos simplificados equivalentes. Cuando la energía es por ejemplo fuerza \* trayectoria, entonces puede usarse por ejemplo también la suma de fuerzas, o la suma de corrientes en un procedimiento eléctrico. Del mismo modo, puede relacionarse la energía con unidades no físicas, como por ejemplo etapas de motor.

10 Si se resta la energía de accionamiento  $E_{EA}$  introducida al comienzo de la operación de frenado, que puede ser también cero, de la energía de accionamiento  $E_{EB}$  establecida al final de la operación de frenado, se obtiene la energía de accionamiento  $E_E$ , que tuvo que dedicarse para ajustar la posición teórica predeterminada, por ejemplo como en este caso el ángulo de accionamiento de freno teórico predeterminado  $\alpha_B$ , (figura 3). A partir de esto puede

15 indicarse de vuelta el efecto de frenado actual, por ejemplo el momento de frenado o la fuerza de presión de frenado. En el caso más sencillo, se concluye para ello a partir del teorema de obtención de energía, que la energía de accionamiento  $E_E$  introducida también se introdujo como energía de compresión entre la pastilla de freno 6 y la superficie de fricción. La energía de compresión se obtiene, pero como producto de la fuerza de presión de frenado y la pastilla de freno 6 ha recorrido la trayectoria. Después de que se conozca la trayectoria recorrida por la pastilla de

20 freno 6 mediante el ángulo de accionamiento de freno inicial  $\alpha_A$  y el ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$  y a su vez la geometría o cinemática del dispositivo de compresión 10, puede calcularse a partir de esto con el comportamiento elástico conocido de las partes de freno (que se conoce por ejemplo a partir de mediciones, simulaciones o modelos del freno de fricción 1) la fuerza de presión de frenado o a través de la relación con el valor de fricción también el momento de frenado, es decir en general el efecto de frenado. A este respecto, pueden

25 tenerse en cuenta naturalmente todavía influencias como pérdidas de fricción, histéresis (diferentes fuerzas de accionamiento para aumentar y reducir el efecto de frenado) en el freno de fricción 1 o autoenergización, etc.

A partir de datos conocidos para el freno de fricción 1, como por ejemplo comportamiento de fuerza-trayectoria (por ejemplo figura 2), geometría, etc. puede deducirse también del mismo modo, cuánta energía de accionamiento

30  $E_{E\_teórica}$  tiene que dedicarse para llevar el freno de fricción 1 de una posición inicial, por ejemplo proporcionada por un ángulo de accionamiento inicial  $\alpha_A$ , a una posición teórica, por ejemplo proporcionada por un ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ . Por ejemplo para cada punto del comportamiento de fuerza-trayectoria (curva 13 en la figura 2) la respectiva energía de accionamiento  $E_E$ , tal como se indica en la figura 3. Estos datos pueden consignarse de forma adecuada en la unidad de regulación de freno 30, por ejemplo en forma de tablas, curvas,

35 fórmulas, simulaciones, redes neuronales, lógica difusa etc. A este respecto, también pueden tenerse en cuenta las temperaturas y otras influencias, como por ejemplo el desgaste de las pastillas de freno 3, 6, a través de diferentes curvas o en cálculos de compensación. La energía de accionamiento que debe esperarse  $E_{E\_teórica}$  para una determinada posición teórica, por ejemplo un ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ , puede determinarse por tanto a partir de estos datos. Si se resta ahora en el procedimiento descrito anteriormente la energía de

40 accionamiento  $E_{EA}$  introducida al comienzo del frenado de la energía de accionamiento  $E_{EB}$  al final del frenado, se obtiene la energía de accionamiento real  $E_{E\_real}$ , que se dedicó realmente para ajustar el ángulo de accionamiento de freno teórico predeterminado  $\alpha_B$  (figura 4). Cuando la energía de accionamiento teórica  $E_{E\_teórica}$  se desvía de la energía de accionamiento real medida  $E_{E\_real}$ , pudiendo estar definida una determinada ventana de tolerancia, el freno de fricción 1 puede guiarse adicionalmente para el logro del efecto de frenado teórico. Para ello se compensa

45 el demasiado o demasiado poco en el efecto de frenado, que se obtiene de la diferencia entre la energía teórica y real, accionando el freno de fricción 1, de modo que la energía de accionamiento teórica  $E_{E\_teórica}$  y la energía de accionamiento real  $E_{E\_real}$  coinciden, dado el caso a su vez dentro de un determinado intervalo de tolerancia. Por ejemplo la unidad de regulación de freno 30 podría modificar la posición teórica, por ejemplo predeterminar un

50 ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$  algo mayor (o menor), o el ajustador de desgaste 11 podría accionarse para compensar un intersticio de aire demasiado grande, que da como resultado un efecto de frenado muy reducido. Para la operación de frenado actual podría cambiarse por ejemplo la posición teórica, por ejemplo podría aumentarse el ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$  al ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_{B'}$ , para lograr el efecto de frenado teórico deseado, y tras la operación de frenado podría accionarse el ajustador de

55 desgaste 11 para actualizar el intersticio de aire. En este procedimiento "estático", se compara al final de la operación de frenado, es decir en el estado de reposo del motor eléctrico 21 la energía de accionamiento real  $E_{E\_real}$  suministrada con la energía de accionamiento teórica conocida  $E_{E\_teórica}$  y a partir de esto se influye de manera derivada en el efecto de frenado del freno de fricción 1 para lograr el efecto de frenado teórico deseado.

Los conocimientos a partir de la determinación de la energía de accionamiento  $E_E$  no tienen que conducir de inmediato a intervenciones en el freno de fricción 1. Se puede promediar o tolerar por ejemplo el conocimiento de que el desgaste en las pastillas de freno 3, 6 ha conducido a un menor consumo de energía a lo largo de un espacio de tiempo prolongado y no activan el ajustador de desgaste 11 hasta después de un determinado tiempo. También podría emitirse un aviso de desgaste, para indicar un cambio inminente de las pastillas de freno 3, 6, o podría reconocerse un funcionamiento erróneo en el freno de fricción 1 y emitirse eventualmente. También puede realizarse

65 conjuntamente, usarse o emitirse una estadística o registro acerca de las operaciones de frenado, para soportar con ello diagnósticos en el freno de fricción 1.

Del mismo modo, la energía de accionamiento  $E_E$  determinada puede utilizarse también para influir “dinámicamente” durante el accionamiento del freno de fricción 1 en el efecto de frenado. De este modo, se obtiene por ejemplo se obtiene la posibilidad de regular directamente el efecto de frenado. Con ello, ya no tiene que predeterminarse ningún ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ , sino que puede predeterminarse directamente un efecto de frenado teórico, por ejemplo en forma de un momento de frenado teórico  $T_{BB}$ . A través de la determinación descrita anteriormente del efecto de frenado actual puede cerrarse un circuito de regulación correspondiente, para influir en el efecto de frenado logrado de modo que se obtiene el efecto de frenado teórico deseado. Para ello, puede determinarse de manera continua el efecto de frenado actual para la trayectoria de accionamiento actual tal como se describe anteriormente y regularse el accionamiento del freno de fricción 1 para lograr el efecto de frenado teórico.

En el caso de la regulación directa del efecto de frenado o en el caso de la regulación del efecto de frenado, a lo largo de la trayectoria de accionamiento está implementado en la unidad de regulación de freno 30 un regulador adecuado, por ejemplo un regulador PID. Lograr lo más rápidamente posible a partir de los requisitos básicos en la unidad de regulación de freno 30 el estado teórico exigido, en el que la velocidad de giro de motor deberá ser  $n_E=0$ , se ajustará en el comportamiento de regulación siempre un determinado comportamiento subóptimo, hasta que se logra el efecto de frenado teórico. El regulador PID puede configurarse por ejemplo demasiado lento o demasiado rápido, y a este respecto puede provocar una oscilación excesiva. También puede mejorarse el caso límite denominado aperiódico, que no es ni demasiado rápido ni demasiado lento, tal como se muestra. Según el diseño del regulador PID y la fijación de los parámetros PID está fijado el comportamiento de la regulación. Dado que por regla general el deseo de frenado se conmuta rápidamente, interesará una configuración básicamente rápida del regulador, lo que conduce a la oscilación excesiva exigida.

Sin embargo, una oscilación excesiva de la regulación de freno provoca a partir de esto determinados problemas. Por un lado, a este respecto se consume innecesariamente en cada frenado energía eléctrica, lo que es indeseable en particular en el caso de vehículos híbridos o eléctricos. Por otro lado, puede suceder por la oscilación excesiva, en particular durante la apertura del freno, que la parte de retención 7 con la pastilla de freno 6 circule con alta velocidad contra el tope de posición final. Esto puede conducir a daños en el freno de fricción 1, representando del mismo modo debido a los ruidos existentes en un vehículo también un problema para la comodidad de conducción. Esto puede mejorarse concretamente mediante un compromiso entre el tiempo de accionamiento y las oscilaciones excesivas, pero no eliminarse por completo. También son concebibles algoritmos de regulación más complejos, pero, debido a los requisitos de cálculo más altos, en particular en vehículos, más bien no son deseables. Mediante la influencia dirigida del efecto de frenado basándose en la energía de accionamiento que debe cargarse  $E_E$ , puede corregirse este problema del mismo modo, tal como se explica a continuación.

A este respecto, el objetivo es lograr una determinada posición teórica, por ejemplo un ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ , que naturalmente provoca un efecto de frenado teórico, con una determinada velocidad residual. Por regla general, se deseará que la velocidad residual sea cero, es decir que durante el logro de la posición teórica en el freno de fricción 1 no esté contenida ninguna energía cinética  $E_K$ , por ejemplo en forma de energía de rotación en el motor eléctrico 21 en funcionamiento, es decir el dispositivo de compresión 10 o el motor eléctrico 21 se detiene en la posición teórica. Del mismo modo, es igualmente concebible lograr la posición teórica con una determinada velocidad residual. La energía cinética  $E_K$  presente a partir del accionamiento de freno deberá disminuirse entonces para lograr la velocidad residual.

Para ello, debe destacarse que es accesible para la simplificación del procedimiento descrito reducir la energía cinética  $E_K$  en el movimiento de rotación del motor eléctrico 21, aunque naturalmente también en el movimiento del dispositivo de compresión y de la pastilla de freno 3, 6 se introduce energía cinética. No obstante, la energía cinética del motor eléctrico 21 domina claramente, de modo que mediante esta simplificación solo se origina un fallo muy reducido despreciable. Evidentemente, sería posible con la energía cinética  $E_K$  tener en cuenta también las energías de movimiento de otros componentes del freno de fricción 1, como por ejemplo de una caja de engranajes, de una palanca, etc.

A partir de lo anterior también está claro que la posición teórica y el efecto de frenado teórico son equivalentes y pueden intercambiarse a través de una relación conocida. Aunque a continuación siempre se habla de posiciones, podría usarse en el procedimiento descrito a continuación en lugar de posición también el efecto de frenado.

En primer lugar, se pone en marcha la siguiente reflexión. El motor eléctrico 21 tiene que acelerarse en primer lugar para el accionamiento del freno de fricción 1 y tiene que frenarse para el logro de la posición teórica, por ejemplo del ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ , lo que puede tener lugar por ejemplo aplicando una corriente de frenado de motor, lo que obtiene un momento de frenado de motor o una energía de frenado de motor  $E_B$ . Después de que se conozca la estrategia de frenado del motor eléctrico 21, puede suponerse también como conocido el momento de frenado de motor generado con ello o la energía de frenado de motor  $E_B$  para cada instante. En el caso más sencillo, puede aplicarse una corriente de frenado constante, que obtiene aproximadamente un momento de frenado constante. Del mismo modo, a partir del comportamiento de fuerza-trayectoria del freno de fricción 1 se conoce qué momentos de accionamiento  $T_E$ , y con ello a través de la relación energía = momento de giro \* ángulo también qué energía de accionamiento  $E_E$ , se aplican antes de lograr el ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ .

Estas dos energías, es decir la energía de frenado de motor  $E_B$  y la energía de accionamiento  $E_E$  antes del ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ , se contemplan en suma como capacidad de absorción de energía  $E_V$  del freno de fricción 1. Mediante la capacidad de absorción de energía  $E_V$  puede disminuirse la energía cinética existente en cada caso del motor eléctrico 21, hasta una energía residual eventualmente deseada producida por una velocidad residual, cuando el motor eléctrico 21, o el momento de motor, se regula a lo largo de la capacidad de absorción de energía  $E_V$ .

La capacidad de absorción de energía  $E_V$  puede calcularse de nuevo ahora para cada ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ , por ejemplo al calcularse en determinadas etapas angulares de accionamiento partiendo del ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$  en cada caso para el ángulo de accionamiento  $\alpha$  contemplado la energía de frenado de motor  $E_B$  presente y la energía de accionamiento  $E_E$ , tal como se representa en la figura 5. De esta manera, puede determinarse partiendo del ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$  una curva para la capacidad de absorción de energía  $E_V$ , tal como se representa en la figura 5 mediante la curva 40.

En la figura 5 se representa en forma de la curva 41 también la energía cinética  $E_K$  del motor eléctrico 21 (energía de rotación = momento de inercia de masa conocido \* velocidad angular al cuadrado), eventualmente inclusive las energías cinéticas de otras componentes de frenado, a lo largo de la operación de frenado. En este caso debe destacarse que, en el caso de la velocidad residual cero en el ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ , la energía cinética también sería naturalmente cero. Con el mantenimiento de una velocidad residual deseada se introduciría al final de la operación de frenado todavía energía cinética  $E_K$  en el freno de fricción 1.

Para una operación de frenado, se determina ahora para el ángulo de accionamiento de freno teórico deseado  $\alpha_B$  la capacidad de absorción de energía  $E_V$ , que no es ningún asunto costoso en cuanto al cálculo y por tanto es posible en el tiempo disponible, por ejemplo en la unidad de regulación de freno 30. Esto puede tener lugar antes del comienzo de la operación de frenado o durante el accionamiento de freno. Al mismo tiempo, se determina para la operación de frenado de manera continua o de antemano la energía cinética  $E_K$  del motor eléctrico 21. La energía cinética  $E_K$  puede calcularse a partir de valores de medición, puede predecirse mediante un modelo, simularse o también deducirse de tablas. Como la energía cinética  $E_K$  se determina realmente al final, no desempeña ningún papel para el procedimiento presentado en este caso. Cuando la energía cinética  $E_K$  corta la capacidad de absorción de energía  $E_V$  (punto de conmutación 42), es decir, cuando se aplica energía cinética  $E_K$  es igual (o al menos aproximadamente igual) a la capacidad de absorción de energía  $E_V$ , el motor eléctrico 21 se conmuta a deceleración del movimiento de accionamiento, que introduce con ello energía de frenado de motor  $E_B$ . El accionamiento de freno sigue ahora a la capacidad de absorción de energía  $E_V$ . De esta manera, se garantiza que el ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B$ , y con ello también el efecto de frenado deseado, se logre con la velocidad residual deseada, concretamente sin oscilación excesiva o una aproximación demasiado lenta. Mediante este procedimiento, se influye la evolución temporal del efecto de frenado, para lograr la posición teórica con una velocidad residual.

Esta velocidad residual puede ser cero, cuando quiere pararse de manera precisa en este punto el dispositivo de compresión 10, o el motor eléctrico 21 y el accionamiento de freno. Realmente podría ser igualmente interesante una velocidad mayor que cero, para transitar lentamente por la posición teórica predeterminada, para observar por ejemplo si mediante el frenado se desencadena un bloqueo de la rueda de un vehículo. En estos casos, puede responderse lo mejor posible o rápidamente, debido a la velocidad de accionamiento reducida dominante, al bloqueo (o señal temprana para ello, como por ejemplo el deslizamiento ascendente). Naturalmente, también se puede partir de una posición antes de la posición teórica y conducir entonces con una velocidad residual pequeña de manera precisa a la posición teórica deseada.

Asimismo, es concebible determinar la capacidad de absorción de energía  $E_V$  no solo una vez por frenado, por ejemplo al comienzo de una operación de frenado, sino determinarla frecuentemente o continuamente de forma similar a la energía cinética  $E_K$  durante la operación de frenado. Una operación de frenado se compondrá en realidad apenas de un salto de un estado de frenado, por ejemplo no frenado, a un nuevo estado de frenado, es decir, alcanzar la posición de consigna. De manera realista, durante una operación de frenado se tienen como objetivo o se predeterminan diferentes posiciones teóricas (efectos de frenado teóricos), por ejemplo mediante el accionamiento diferente de un pedal de freno. Cuando ahora de forma continua (es decir, a intervalos continuos) o con frecuencia se calcula la capacidad de absorción de energía  $E_V$ , se obtienen puntos de conmutación 42 que se cambian a ser posible. Pero esto no cambia nada al principio del accionamiento de frenado. Si después del cambio de control ya realizado del motor eléctrico 21, es decir, tras la conmutación a deceleración, se constata que debido a la capacidad de absorción de energía  $E_V$  recién determinada se puede o debe frenar todavía para alcanzar la posición teórica, el motor eléctrico 21 también se puede conmutar de nuevo a accionamiento, hasta que concuerdan de nuevo la energía cinética  $E_K$  y la capacidad de absorción de energía  $E_V$ .

El procedimiento anterior para el logro del objetivo de la posición teórica puede combinarse naturalmente con otro procedimiento descrito. Por ejemplo puede comprobarse en el logro de la posición teórica mediante la energía de accionamiento  $E_E$  lograda, si se logró realmente el efecto de frenado deseado. En el caso de que no sea así, puede corregirse el efecto de frenado tal como se describe. Para ello, puede ser ventajoso prever desde el principio una velocidad residual pequeña. Del mismo modo, es concebible, partir en primer lugar de una posición antes de la

propia posición teórica con el procedimiento para el logro del objetivo y conmutar entonces a la regulación del efecto de frenado.

5 El deseo de frenado en un vehículo tal como se describe puede ser por ejemplo del conductor o de un sistema de  
vehículo (por ejemplo frenado de emergencia). En general, tiene que partirse de que el efecto de frenado teórico  
predeterminado con ello podría conducir al bloqueo de una rueda de vehículo. El bloqueo puede reconocerse como  
conocido de antemano, por ejemplo en el deslizamiento de rueda ascendente, sin embargo, también puede  
ajustarse como desconocido. Cuando el dispositivo de compresión 10 se encuentra en un bloqueo ajustado todavía  
10 en movimiento, el bloqueo solo puede impedirse o detenerse de la mejor manera posible, en el que se termina por  
ejemplo el accionamiento de freno lo más rápido posible. Entonces se retorna de nuevo el accionamiento de freno  
desde la unidad de regulación de freno 30, hasta que está terminado el bloqueo, o el deslizamiento de rueda está  
reducido a una cantidad tolerable. Con ello, se abre la posibilidad de tener en cuenta el estado de bloqueo en la  
regulación del freno de fricción 1. El estado de accionamiento del freno de fricción 1, por ejemplo el ángulo de  
accionamiento, el efecto de frenado, puede almacenarse en el caso de un deslizamiento excesivo o un bloqueo  
15 ajustado, con lo que se conoce un efecto de frenado, que origina un estado de frenado libre de bloqueo. Con ello,  
puede limitarse un deseo de frenado, que exige un determinado efecto de frenado, mediante el efecto de frenado  
libre de bloqueo almacenado, para frenar en los límites del posible agarre de la calzada. Cuando se empeoran ahora  
las condiciones de la calzada (puede reconocerse en el deslizamiento de rueda ascendente), se requiere una  
reducción del efecto de frenado, para impedir el bloqueo de la rueda. Con ello, puede continuarse el efecto de  
20 frenado libre de bloqueo. Sin embargo, cuando se mejoren las condiciones de la calzada (por ejemplo puede  
reconocerse en el deslizamiento de rueda descendente), estaría disponible de nuevo más potencial de efecto de  
frenado. Por tanto, en una operación de frenado posterior, en la que se encuentra el efecto de frenado exigido a  
través del efecto de freno libre de bloqueo actual almacenado, puede aumentarse el efecto de frenado  
predeterminado, por ejemplo cada 20 revoluciones de rueda, para determinar si ahora podría lograrse realmente  
25 más efecto de frenado, que puede almacenarse a su vez en forma del efecto de frenado libre de bloqueo. El bloqueo  
o el deslizamiento de rueda puede producirse por "deseo de frenado" o estado de calzada, aunque también por la  
conducción en curva (por ejemplo rueda interior menos cargada, fuerzas de guiado laterales) o por una calzada  
inclinada ("en pendiente"). El procedimiento puede aplicarse del mismo modo independientemente de la causa y  
puede intervenir adicionalmente mediante un control de estabilidad implementado en el vehículo (ESP, ABS) en el  
30 "deseo de frenado" individual para la rueda, para reducir los casos de estabilidad (por ejemplo ABS). Con este  
procedimiento, se logra, al contrario, para el ABS hidráulico, en el que se generan a través de válvulas oscilaciones  
rápidas contundentes de la presión, muchas menos oscilaciones del efecto de frenado y con ello se ahorra por un  
lado energía eléctrica y por otro lado se frena en general mejor en los límites del agarre disponible.

35 Cuando el freno de fricción 1 se configura de modo que se obtiene una capacidad de absorción de energía lineal  $E_V$ ,  
en la que por ejemplo mediante una transmisión no lineal en el accionamiento del freno de fricción 1, el momento de  
accionamiento se mantiene esencialmente constante a lo largo de la trayectoria de accionamiento, entonces podría  
omitirse también el cálculo de nuevo de la capacidad de absorción de energía  $E_V$ , porque es siempre la misma. El  
procedimiento se simplificaría entonces de manera intensa, porque en el caso de una capacidad de absorción de  
40 energía  $E_V$  siempre igual (o similar), la velocidad de giro de motor es suficiente por sí sola (como información de la  
energía cinética  $E_K$ ), para conmutar en el instante correcto, o en general en el punto correcto, es decir por ejemplo  
en el ángulo correcto, al efecto de frenado de motor.

45 Para un movimiento de apertura del freno de fricción 1 tendrían que establecerse de manera correspondientemente  
correcta el pronóstico de las energías en el procedimiento descrito anteriormente. No obstante, los procedimientos  
funcionan del mismo modo y se aplicarían de manera análoga, para llegar del estado de frenado intenso al estado  
de frenado débil o de no frenado. Por tanto, en el sentido de la invención se contempla una operación de apertura  
solo como operación de frenado con pronósticos parcialmente cambiados. Solo es decisivo que se use el signo  
50 correcto para la energía cinética  $E_K$  y la capacidad de absorción de energía  $E_V$ .

Tal como se expone anteriormente, puede determinarse la energía de accionamiento  $E_E$  para una operación de  
frenado, por ejemplo al comienzo de la operación de frenado, al final de la operación de frenado, entre el comienzo y  
el final de la operación de frenado o también de manera continua durante la operación de frenado, o bien a partir de  
mediciones en el motor eléctrico 21 o bien a partir de datos conocidos para el freno de fricción 1. Con la energía de  
55 accionamiento  $E_E$  determinada de este modo puede influirse entonces adicionalmente en el efecto de frenado en un  
determinado punto de trabajo de la operación de frenado, por ejemplo al comienzo de la operación de frenado, al  
final de la operación de frenado, entre el comienzo y el final de la operación de frenado o también de manera  
continua durante la operación de frenado. A este respecto, no tiene que coincidir forzosamente el instante de la  
determinación de la energía de accionamiento  $E_E$  con el instante durante la operación de frenado, en el que se  
60 influye en el efecto de frenado.

Del mismo modo, el procedimiento no está limitado a que la energía de accionamiento para el accionamiento de  
freno provenga exclusivamente de un motor eléctrico 21, como está previsto en sí mismo en el funcionamiento  
normal. Existen por ejemplo exigencias de seguridad, en las que tiene que frenarse automáticamente un freno de  
65 fricción 1 en el caso de fallos o un corte de energía eléctrica. Entonces, está prevista una fuente de energía auxiliar  
32, como por ejemplo un resorte pretensado, un medio de presión, un acumulador de energía eléctrica, etc., que

actúa de manera adecuada en el medio de accionamiento 20 para el accionamiento del freno de fricción 1 (tal como se indica en la figura 1), disponible para el accionamiento de freno y el motor eléctrico 21 sirve tras ello para liberar de nuevo el freno de fricción 1. En el procedimiento no desempeña ningún papel si la energía de accionamiento proviene exclusivamente de un motor eléctrico 21 o de una fuente de energía auxiliar 32 o de una combinación a voluntad entre el motor eléctrico y la fuente de energía auxiliar 32. La fuente de energía auxiliar 32 se carga de manera sencilla según lo previsto con la energía de accionamiento del motor eléctrico 21.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para accionar un freno de fricción (1) accionado eléctricamente, impulsado por un motor eléctrico (21), en el que para una operación de frenado para la generación de un efecto de frenado teórico predeterminado del freno de fricción (1) se presiona una pastilla de freno (3, 6) contra una superficie de fricción, caracterizado porque para la operación de frenado se determina una energía de accionamiento ( $E_E$ ) del motor eléctrico (21) y la energía de accionamiento ( $E_E$ ) determinada se usa para influir en el efecto de frenado del freno de fricción (1) en un punto de trabajo determinado del freno de fricción (1), a fin de generar el efecto de frenado, en tanto que para la operación de frenado, a partir de una energía de frenado de motor ( $E_B$ ) conocida del motor eléctrico (21) y de la energía de accionamiento ( $E_E$ ) se determina una capacidad de absorción de energía ( $E_V$ ) del freno de fricción (1) antes de alcanzar una posición teórica o efecto de frenado teórico y durante la operación de frenado se compara la energía cinética ( $E_K$ ) actual del motor eléctrico (21) con la capacidad de absorción de energía ( $E_V$ ) asociada a la posición o efecto de frenado actual y en el caso de coincidencia se conmuta el motor eléctrico (21) a deceleración, para influir en la evolución temporal del efecto de frenado para el logro de la posición teórica o efecto de frenado teórico.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque al final de la operación de frenado se mantiene una velocidad residual deseada del accionamiento
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la energía cinética ( $E_K$ ) y/o la capacidad de absorción de energía ( $E_V$ ) se determinan frecuentemente o continuamente durante la operación de frenado.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la energía de accionamiento ( $E_E$ ) se determina como energía de accionamiento real ( $E_{E\_real}$ ) en una posición teórica predeterminada del freno de fricción (1) y para la posición teórica o para el efecto de frenado teórico, a partir de datos conocidos para el freno de fricción (1). se determina una energía de accionamiento teórica ( $E_{E\_teórica}$ ) y se compensa una desviación entre la energía de accionamiento real ( $E_{E\_real}$ ) y la energía de accionamiento teórica ( $E_{E\_teórica}$ ) mediante accionamiento del freno de fricción (1), a fin de generar el efecto de frenado teórico.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque se compensa la desviación al cambiarse la posición teórica.
6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, caracterizado porque se compensa la desviación al modificar un ajustador de desgaste (11) un intersticio de aire.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizado porque a partir de la energía de accionamiento real ( $E_{E\_real}$ ) y de la energía de accionamiento teórica ( $E_{E\_teórica}$ ) se determinan un efecto de frenado real y un efecto de frenado teórico y se compensa una desviación entre un efecto de frenado real y un efecto de frenado teórico
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el freno de fricción (1) se impulsa mediante una combinación del motor eléctrico (21) y la fuente de energía auxiliar (32), encontrándose la proporción de la fuente de energía auxiliar (32) en el intervalo del 0 al 100%, preferiblemente del 20 al 100%.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el freno de fricción (1) se hace funcionar en una rueda de vehículo y el efecto de frenado teórico se limita a un efecto de frenado libre de bloqueo almacenado, dependiente de las condiciones de calzada actuales, con el que se impide un bloqueo de la rueda de vehículo.

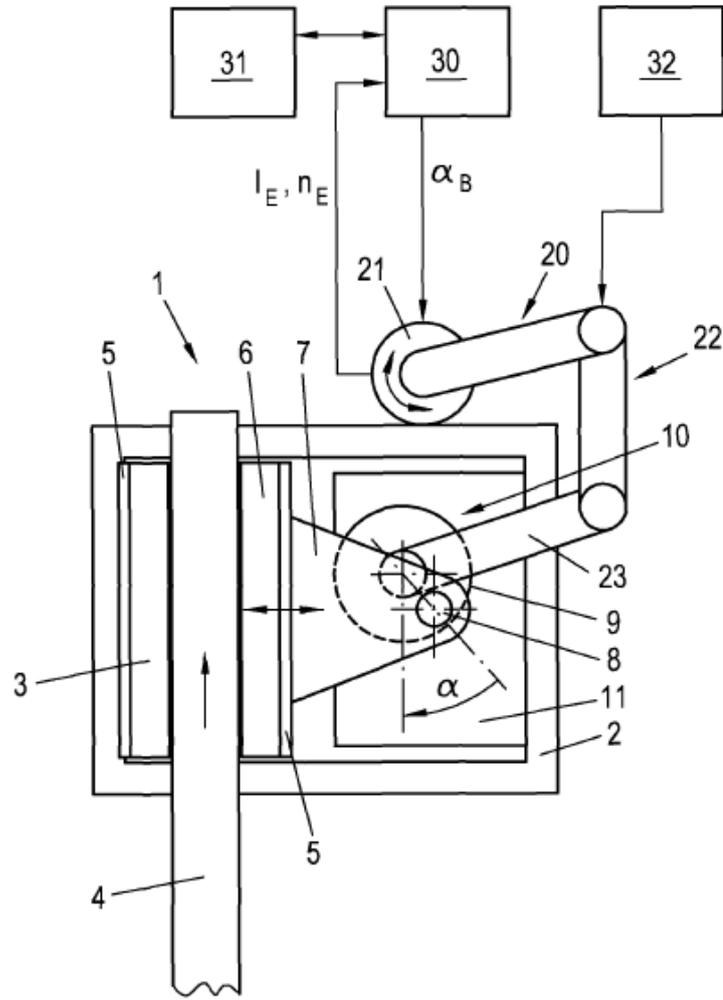


Fig. 1

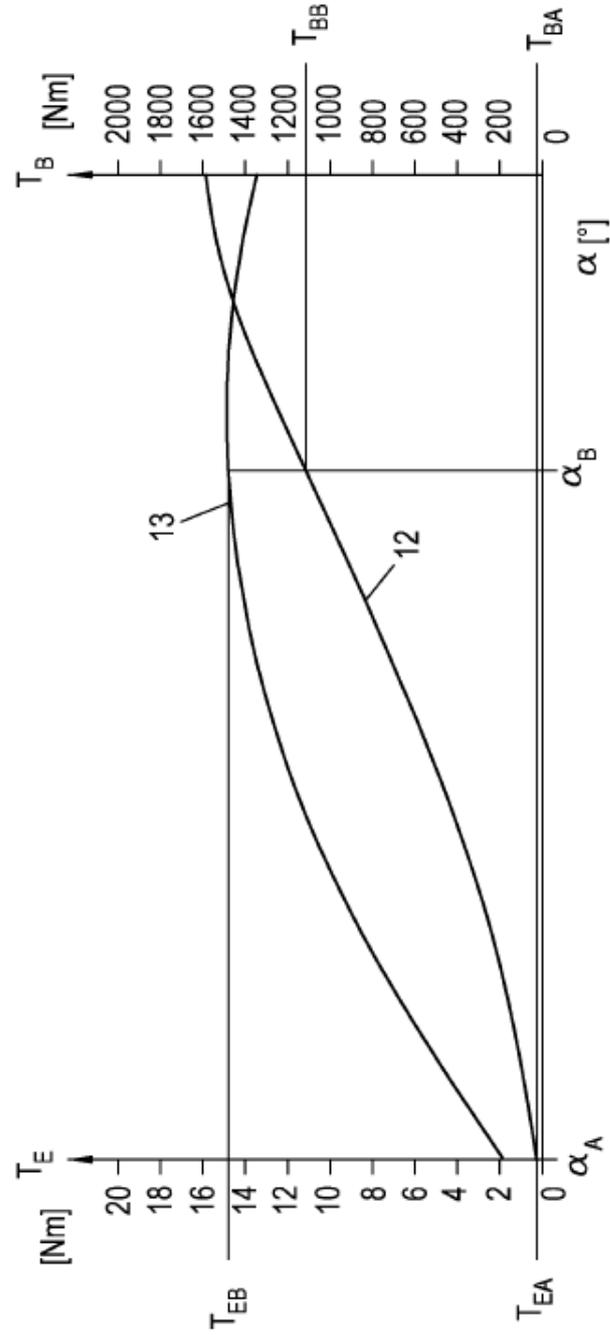


Fig. 2

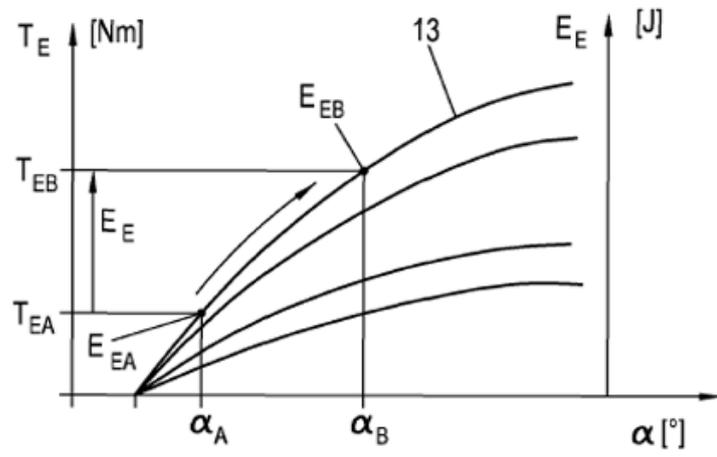


Fig. 3

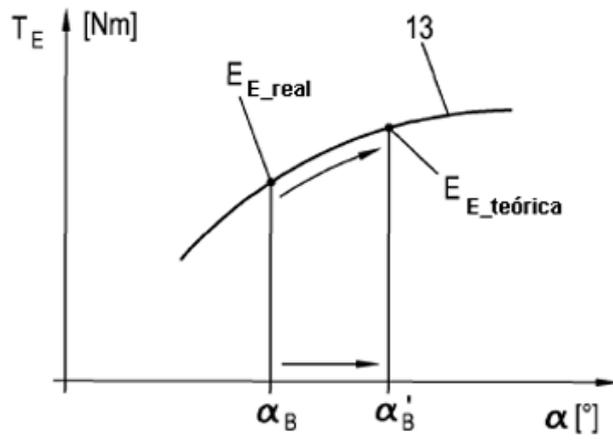


Fig. 4

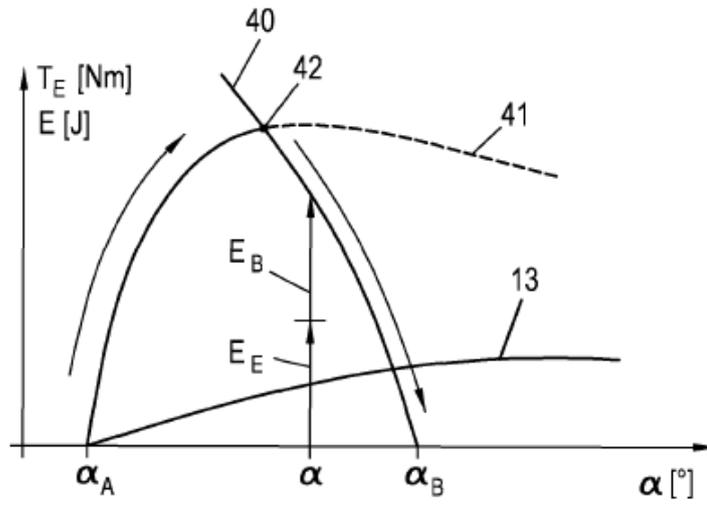


Fig. 5