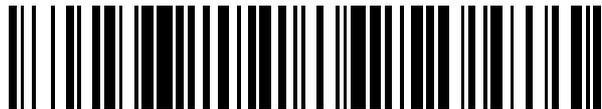


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 384**

51 Int. Cl.:

**F16D 65/16** (2006.01)

**B60T 13/06** (2006.01)

**F16D 65/18** (2006.01)

**B60T 13/74** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2014 PCT/EP2014/057504**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2014 WO14170259**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2014 E 14717447 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017 EP 2986866**

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:  
**09.08.2017**

73 Titular/es:

**VE VIENNA ENGINEERING FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGS GMBH (100.0%)  
Heiligenstädter Lände 29/5  
1190 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**PUTZ, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 629 384 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

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, partiendo de una posición teórica asociada al efecto de frenado teórico del freno (1) de fricción.

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.

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.

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.

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.

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.

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

5 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.

20 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.

25 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.

35 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.

40 Este objetivo se alcanza según la invención al determinarse para la operación de frenado una energía de accionamiento del motor eléctrico y determinarse la energía de accionamiento determinada como energía de accionamiento real en la posición teórica predeterminada del freno de fricción y determinarse para la posición teórica o para un efecto de frenado teórico una energía de accionamiento teórica a partir de datos conocidos para el freno de fricción y compensarse una desviación entre la energía de accionamiento real y la energía de accionamiento teórica accionando el freno de fricción. 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. Esto permite una regulación sencilla y fiable del accionamiento de un freno de fricción accionado eléctricamente.

55 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. Con ello, al final de la operación de frenado puede comprobarse de manera sencilla si realmente se alcanzó el efecto de frenado teórico predeterminado a partir de la puesta en marcha de la posición teórica, y corregirse una desviación establecida de manera ocasional.

Ventajosamente, el freno de fricción puede accionarse al final de la operación de frenado para la compensación de

la desviación entre la energía de accionamiento real y la energía de accionamiento teórica, para lograr el efecto de frenado teórico. Con ello puede corregirse cada operación de frenado dado el caso a través de la energía de accionamiento.

5 La corrección puede realizarse ventajosamente cuando se cambia la desviación cambiando la posición teórica. Del mismo modo, es ventajoso determinarse a partir de la energía de accionamiento real y de la energía de accionamiento teórica un efecto de frenado real y un efecto de frenado teórico y compensarse una desviación entre un efecto de frenado real y un efecto de frenado teórico. Con ello puede intervenir de manera correctiva fácilmente en la operación de frenado actual.

10 Ventajosamente, puede accionarse también un ajustador de desgaste del freno de fricción al final de la operación de frenado para modificar un intersticio de aire en función de la desviación entre la energía de accionamiento real y la energía de accionamiento teórica. Con ello, no se interviene forzosamente en cada operación de frenado, sino que puede compensarse una desviación ocasional reajustando el ajustador de desgaste. Con ello, puede simplificarse la regulación de una operación de frenado.

15 Para ello, también es posible, solo después de un determinado tiempo tras la operación de frenado, que se accione un ajustador de desgaste del freno de fricción para modificar un intersticio de aire en función de la desviación entre la energía de accionamiento real y la energía de accionamiento teórica. Esto permite también calificar la evolución temporal de la desviación e intervenir entonces solo cuando la desviación se observa a lo largo del tiempo. De esta manera, pueden eliminarse fallos de medición eventuales o imprecisiones relacionadas con la operación de frenado. Para ello, se promedian las desviaciones que aparecen preferiblemente en este tiempo.

20 Para alcanzar una posición teórica o efecto de frenado teórico puede estar previsto también determinar para la operación de frenado, a partir de un momento de frenado de motor conocido del motor eléctrico y de la energía de accionamiento, una capacidad de absorción de energía del freno de fricción antes de alcanzar la posición teórica o el efecto de frenado teórico determinar y comparar durante la operación de frenado la energía cinética del motor eléctrico con la capacidad de absorción de energía asociada a la posición o efecto de frenado actual y en el caso de  
25 coincidencia conmutar el motor eléctrico a deceleración, para influir en la evolución temporal del efecto de frenado para el logro de la posición teórica o efecto de frenado teórico. De esta manera, puede ponerse en marcha de manera precisa una posición teórica deseada o un efecto de frenado teórico deseado con una velocidad residual deseada, con una velocidad de accionamiento óptima y sin oscilaciones excesivas.

30 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%.

35 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

40 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,

la figura 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.

45 La invención se explica a continuación en más detalle mediante la figura 1 a modo de ejemplo mediante un freno de fricción 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  
50 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 1 de fricción con una pinza 2 flotante como pinza portapastillas, que rodea una superficie de fricción, en este caso en forma de un disco 4 de freno. En la pinza 2 flotante está dispuesta una pastilla 3 de freno fija (en relación con la pinza 2 flotante) y una pastilla 6 de freno móvil (igualmente en relación con la pinza 2 flotante). La pastilla 6 de freno móvil se presiona para el frenado mediante un dispositivo 10 de compresión contra el disco 4 de freno, tal como se indica mediante la flecha doble en la figura 1. A este respecto, la pinza 2 flotante se centra de manera automática, de modo que las dos pastillas 3, 6 de freno se apoyan en el disco 4 de freno 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 1 de fricción. Esta relación se ilustra en un comportamiento de fuerza-trayectoria (o de manera equivalente comportamiento momentos-ángulo) del freno 1 de fricción. El comportamiento de fuerza-trayectoria de un freno 1 de fricción se conoce a partir de ensayos de estado de prueba o cálculos o simulaciones mediante la geometría del freno 1 de fricción. Mediante la compresión de las pastillas 3, 6 de freno se origina la fuerza de presión de pastilla, que ocasiona un determinado momento de frenado. A este respecto, la pastilla 3, 6 de freno puede estar dispuesta también en cada caso sobre un portador 5 de pastilla.

El dispositivo 10 de compresión está dispuesto en una parte de freno. La parte de freno puede ser la pinza 2 flotante, del mismo modo puede ser también, como en este caso, un ajustador 11 de desgaste conocido en sí mismo. A este respecto, el ajustador 11 de desgaste está dispuesto en la pinza 2 flotante y el dispositivo 10 de compresión está dispuesto a su vez en el ajustador 11 de desgaste. A este respecto, todo el dispositivo 10 de compresión se mueve desde el ajustador 11 de desgaste para la compensación de un desgaste que se origina en las pastillas 3, 6 de freno, para mantener el intersticio de aire dentro de unos determinados límites predefinidos. A este respecto, el dispositivo 10 de compresión o la pastilla 3 de freno puede estar guiado preferiblemente en el freno 1 de fricción, por ejemplo como en este caso en la pinza 2 flotante. Un ajustador 11 de desgaste 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 11 de desgaste o bien puede utilizarse solo en el caso de un intersticio de aire excesivo entre la pastilla 3, 6 de freno y el disco 4 de freno 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 3, 6 de freno y el disco 4 de freno e incluso para introducir una primera fuerza de compresión pequeña en el freno 1 de fricción. Al final del accionamiento de freno puede llevarse el ajustador 11 de desgaste de nuevo a una posición sin apenas efecto de frenado residual disponible o intencionalmente puede ajustarse un intersticio de aire, para retirar la pastilla 3, 6 de freno completamente de la superficie de fricción, para eliminar con ello las pérdidas de un efecto de frenado residual mínimo. Para ello, el ajustador 11 de desgaste puede alejarse una determinada posición del contacto de fricción, o iniciarse un tiempo determinado, para retirar la pastilla 3, 6 de freno de la superficie de fricción. Para un para un freno de disco de pinza flotante, el ajustador 11 de desgaste 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 10 de compresión, por ejemplo tal como se explica más en detalle en el documento WO 2010/133463 A1, comprende una parte 7 de retención, en la que se apoya la pastilla 6 de freno o su portador 5 de pastilla. En la parte 7 de retención está montado a ambos lados un árbol 8 de compresión. El árbol 8 de compresión está montado a su vez en un árbol 9 de accionamiento realizado como árbol hueco, estando realizada la perforación axial en el árbol 9 de accionamiento de manera excéntrica con respecto al eje de giro del árbol 9 de accionamiento. El árbol 9 de accionamiento, que está montado en una parte de freno, en este caso el ajustador 11 de desgaste, se torsiona mediante un medio 20 de accionamiento, de modo que el árbol 8 de compresión se mueve a través de la perforación excéntrica, según el sentido de giro, hacia el disco 4 de freno, 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 20 de accionamiento, por ejemplo un motor 21 eléctrico. En lugar del árbol 8 de compresión montado de manera excéntrica en el árbol 9 de accionamiento, podría servir también una extensión de árbol dispuesta de manera excéntrica en el árbol 9 de accionamiento, en la que está dispuesta de manera montada la parte 7 de retención. Del mismo modo, el dispositivo 10 de compresión podría estar realizado en forma de una leva, que actúa en el portador 5 de pastilla o en una parte 7 de retención, o en forma de una palanca acodada.

Como medio 20 de accionamiento está previsto un motor 21 eléctrico, que en este caso se torsiona a través de una barra 22 una palanca 23 de accionamiento dispuesta en el árbol 9 de accionamiento. Evidentemente, podría considerarse también cada accionamiento adecuado distinto como medio 20 de accionamiento, de modo que se impulsa por ejemplo un motor eléctrico, que impulsa directamente el árbol 9 de accionamiento, a través de una caja de engranajes o una palanca de arrastre de rodillo. A este respecto, el dispositivo 10 de compresión 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 9 de accionamiento. 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 1 de fricción accionado por el motor 21 eléctrico 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.

5 Tales frenos 1 de fricción 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 21 eléctrico para lograr el efecto de frenado. Mediante efectos autoenergizantes o un diseño geométrico o cinemático correspondiente del freno 1 de fricción, 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 1 de fricción, 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 1 de fricción se controla por ejemplo por una unidad 30 de regulación de freno, tal como se explica en detalle a continuación. A este respecto, la unidad 30 de regulación de freno puede estar conectada con una unidad 31 de control 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 1 de fricción 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.

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 aumentará con el dispositivo 10 de compresión 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 1 de fricción, 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 30 de regulación de freno. 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 21 eléctrico (indicada mediante la flecha en la figura 3) o de manera equivalente la energía eléctrica del motor 21 eléctrico, y se corrige el efecto de frenado dado el caso. La energía de accionamiento determinada  $E_E$  del freno 1 de fricción puede usarse del mismo modo para influir de manera dirigida el efecto de frenado del freno 1 de fricción durante la operación de frenado, por ejemplo en una regulación del freno 1 de fricción, 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 del momento de giro multiplicado por la velocidad de giro del motor 21 eléctrico, puede determinarse de manera sencilla la energía de motor mecánica como energía de accionamiento  $E_E$ . La velocidad de giro  $n_E$  del motor 21 eléctrico puede determinarse por medio de un sensor de velocidad de giro adecuado, que pueden emplearse en cualquier caso de manera estándar en el motor 21 eléctrico. El momento de giro  $T_E$  del motor 21 eléctrico puede determinarse a partir de una variable eléctrica, por ejemplo la corriente de motor por la constante de momento de giro conocida del motor 21 eléctrico. 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 característica de motor mecánica conocida del motor 21 eléctrico, 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 tensiones o indicando un factor la modificación con la tensión o calculándose con las constantes de velocidad de giro

del motor 21 eléctrico 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 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 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 1 de fricción del estado inicial  $\alpha_A$  al estado teórico  $\alpha_B$ . En el caso de los microprocesadores, como es habitual 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 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  $n_E$ , 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 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.

El accionamiento de freno tendrá también pérdidas de fricción indeseables, que pueden ser variables también a lo largo del tiempo, por ejemplo a lo largo de la vida útil, o en función de la temperatura. Con ello, puede la energía de accionamiento requerida para un determinado efecto de frenado puede oscilar por ejemplo por el envejecimiento o en función de la temperatura. Esto puede compensarse en la determinación de la energía de accionamiento o incluso usarse razonablemente. Por ejemplo, puede medirse la energía requerida para el accionamiento y también la energía requerida para liberar el freno 1 de fricción. La diferencia de esto es una medida para las pérdidas indeseables del accionamiento de freno. A partir del conocimiento de las pérdidas indeseables, puede por ejemplo o bien emitirse una señal, que tiene por objeto por ejemplo mantenimiento o diagnóstico, o también puede generarse una corrección. Con ello, puede corregirse por ejemplo la energía de accionamiento de freno teórica en función de las pérdidas, para lograr el efecto de frenado teórico perseguido. La dependencia puede estar consignada a su vez en forma de tablas, relaciones a modo de fórmula, modelos o similares. A este respecto, pueden tenerse en cuenta también modificaciones normales en el freno 1 de fricción, por ejemplo, que las pastillas 3, 6 de freno calientes son más blandas, que frías y se cambia es decir con la temperatura de pastilla de freno o de superficie de fricción la rigidez y con ello también la energía de accionamiento. Del mismo modo, puede tenerse en cuenta también que la grasa hace más duro el accionamiento en las posiciones del freno 1 de fricción con el frío.

También es concebible una "calibración posterior" del procedimiento en el funcionamiento continuo, por ejemplo a lo largo de las curvas características o parámetros, al observarse por ejemplo el deslizamiento de las ruedas de vehículo o el retardo de vehículo (o en general el retardo del objeto que debe frenarse) durante el frenado y a partir del efecto de frenado teórico requerido y el deslizamiento resultante se deduce que los frenos 1 de fricción frenan demasiado o demasiado poco y a partir de esto tiene lugar un reajuste de desgaste o corrección del efecto de frenado. En una representación esquemática, se podría observar por ejemplo si en un vehículo se produce el mismo deslizamiento de medio a largo plazo en el lado de vehículo izquierdo y derecho y en el caso de desviación realizan una corrección. Pueden "calibrarse posteriormente" los frenos 1 de fricción de manera relativa entre sí o también en relación con el comportamiento global.

Los frenos electromecánicos se controlan según las circunstancias también a través de sensores de fuerza tensora. Esto podría usarse en este caso de manera conjunta, por ejemplo por motivos de seguridad para la determinación posiblemente de resultados de medición falsos. Para ello, pueden disponerse sensores adicionales (por ejemplo

sensor de fuerza tensora, sensor de fuerza o de momento en el impulso de accionamiento del freno, sensor de arrastre en una pastilla de freno, etc.). En el caso de desviaciones o fallos reconocidos pueden tomarse medidas, como por ejemplo exigencia de servicio, desconexión de un freno 1 de fricción defectuoso, trabajar adicionalmente con la señal no defectuosa etc.

5 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 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 introducida  $E_E$  también se introdujo como energía de compresión entre la pastilla 6 de freno y la superficie de fricción. La energía de compresión se obtiene pero como producto de la fuerza de presión de frenado y la pastilla 6 de freno ha recorrido la trayectoria. Después de que se conozca la trayectoria recorrida por la pastilla 6 de freno 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 10 de compresión, 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 1 de fricción) 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 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 1 de fricción o autoenergización, etc.

A partir de datos conocidos para el freno 1 de fricción, como por ejemplo comportamiento de fuerza-trayectoria (por ejemplo figura 2), geometría, etc. puede deducirse también del mismo modo, cuánta energía de accionamiento  $E_{E\_teórica}$  tiene que dedicarse para llevar el freno 1 de fricción 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 30 de regulación de freno, por ejemplo en forma de tablas, curvas, 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 3, 6 de freno, 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 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 1 de fricción puede guiarse adicionalmente para el logro del efecto de frenado teórico. Para ello se compensa 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 1 de fricción, 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 30 de regulación de freno podría modificar la posición teórica, por ejemplo predeterminar un ángulo de accionamiento de freno teórico  $\alpha_B'$  algo mayor (o menor), o el ajustador 11 de desgaste 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 11 de desgaste 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 21 eléctrico la energía de accionamiento real suministrada  $E_{E\_real}$  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 1 de fricción 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 1 de fricción. Se puede promediar o tolerar por ejemplo el conocimiento de que el desgaste en las pastillas 3, 6 de freno ha conducido a un menor consumo de energía a lo largo de un espacio de tiempo prolongado y no activan el ajustador 11 de desgaste hasta después de un determinado tiempo. También podría emitirse un aviso de desgaste, para indicar un cambio inminente de las pastillas 3, 6 de freno, o podría reconocerse un funcionamiento erróneo en el freno 1 de fricción y emitirse eventualmente. Cuando no se exige ningún reajuste razonable del ajustador 11 de desgaste, por ejemplo uno que no coincide con los frenados o un modelo de desgaste, uno inconstante o brusco, puede deducirse por ejemplo puntos de cojinete defectuosos, holgura etc. y tomarse medidas como por ejemplo un requisito de servicio. También puede realizarse conjuntamente, usarse o emitirse una estadística o registro acerca de las operaciones de frenado, para soportar con ello diagnósticos en el freno 1 de fricción.

El reajuste del ajustador 11 de desgaste debido a una desviación entre la energía de accionamiento real  $E_{E\_real}$  y la energía de accionamiento teórica  $E_{E\_teórica}$ , o una desviación promediada a lo largo de un espacio de tiempo, puede realizarse en el accionamiento de una función de freno de aparcamiento, en la puesta en marcha del vehículo o de otro objeto que deba frenarse, en ocasiones favorables, como por ejemplo el estado de reposo, tras el servicio, etc., o también en determinados frenados. Del mismo modo, pueden excluirse también determinados frenados, como por ejemplo frenados completos, intervenciones de ABS o ESP, de la determinación de reajuste de desgaste.

Del mismo modo, la energía de accionamiento determinada  $E_E$  puede utilizarse también para influir “dinámicamente” durante el accionamiento del freno 1 de fricción 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 1 de fricción 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 30 de regulación de freno un regulador adecuado, por ejemplo un regulador PID. Lograr lo más rápidamente posible a partir de los requisitos básicos en la unidad 30 de regulación de freno 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. 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 7 de retención con la pastilla 6 de freno circule con alta velocidad contra el tope de posición final. Esto puede conducir a daños en el freno 1 de fricción, 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 también 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  $\alpha_B$ , 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 1 de fricción no esté contenida ninguna energía cinética  $E_K$ , por ejemplo en forma de energía de rotación en el motor 21 eléctrico en funcionamiento, es decir el dispositivo 10 de compresión o el motor 21 eléctrico se detiene en la posición teórica. Del mismo modo, es igualmente concebible lograr la posición teórica con una determinada velocidad residual. La energía cinética presente  $E_K$  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 21 eléctrico, aunque naturalmente también en el movimiento del dispositivo de compresión y de la pastilla 3, 6 de freno se introduce energía cinética. No obstante, la energía cinética del motor 21 eléctrico domina claramente, de modo que mediante esta simplificación solo se origina un fallo muy reducido despreciable. Evidentemente, sería posible del mismo modo tener en cuenta también las energías de movimiento de otros componentes del freno 1 de fricción, 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 21 eléctrico tiene que acelerarse en primer lugar para el accionamiento del freno 1 de fricción 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, 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 1 de fricción 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 1 de fricción. Mediante la capacidad de absorción de energía  $E_V$  puede disminuirse la energía cinética existente en cada caso del motor 21 eléctrico, hasta una energía residual eventualmente deseada producida por una velocidad residual, cuando el motor 21 eléctrico, 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 presente  $E_B$  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 21 eléctrico (energía de rotación = momento de inercia de masa conocido \* velocidad angular al cuadrado) 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 1 de fricción.

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 30 de regulación de freno. 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 21 eléctrico. 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 42 de conmutación), es decir, cuando se aplica energía cinética  $E_K =$  capacidad de absorción de energía  $E_V$ , el motor 21 eléctrico 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 10 de compresión, o el motor 21 eléctrico 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.

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 lograda  $E_E$ , 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.

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 10 de compresión se encuentra en un bloqueo ajustado todavía 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 30 de regulación de freno, 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 1 de fricción. El estado de accionamiento del freno 1 de fricción, por ejemplo el ángulo de accionamiento, el efecto de frenado, puede almacenarse en el caso de un deslizamiento excesivo o un bloqueo 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 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 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 "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.

Cuando el freno 1 de fricción 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 1 de fricción, 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 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.

Para un movimiento de apertura del freno 1 de fricción 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.

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 21 eléctrico o bien a partir de datos conocidos para el freno 1 de fricción. Con la energía de 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 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 21 eléctrico, 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 1 de fricción en el caso de fallos o un corte de energía eléctrica. Entonces, está prevista una fuente 32 de energía auxiliar, como por ejemplo un resorte pretensado, un medio de presión, un acumulador de energía eléctrica, etc., que actúa de manera adecuada en el medio 20 de accionamiento para el accionamiento del freno 1 de fricción (tal como se indica en la figura 1), disponible para el accionamiento de freno y el motor 21 eléctrico sirve tras ello para liberar de nuevo el freno 1 de fricción. En el procedimiento no desempeña ningún papel si la energía de accionamiento proviene exclusivamente de un motor 21 eléctrico o de una fuente 32 de energía auxiliar o de una combinación a voluntad entre el motor eléctrico y la fuente 32 de energía auxiliar. La fuente 32 de energía auxiliar se carga de manera sencilla según lo previsto con la energía de accionamiento del motor 21 eléctrico.

- Dado que tal como se describe anteriormente la energía es por ejemplo fuerza \* trayectoria, momento \* ángulo o las sumas o la integral de los mismos, puede determinarse a la inversa también la fuerza (o el momento) en una evolución de trayectoria de accionamiento prevista del accionamiento freno 1 de fricción, por ejemplo mediante funciones inversas matemáticas, mediante cálculo numérico, curvas características, etc. Por tanto, la determinación
- 5 de la energía de accionamiento  $E_E$  puede emplearse en el caso de una curva característica de trayectoria de accionamiento prevista también como medición de fuerza o de momento, por ejemplo para determinar la fuerza normal en la pastilla 3, 6 de freno. Es decir, en una evolución de trayectoria prevista está disponible una "medición" de la fuerza normal (o del momento de frenado o del efecto de frenado). Con ello, pueden registrarse curvas características del freno 1 de fricción para instantes aleatorios, por ejemplo en caso de servicio. Por ejemplo, puede
- 10 registrarse en el cambio de pastilla una curva característica de energía-trayectoria, que se convierte a través del comportamiento de fuerza (momentos) conocido del freno 1 de fricción en una curva característica para trayectoria de accionamiento para el efecto de frenado (fuerza normal, momento de frenado). Estas curvas características determinadas pueden usarse entonces para el control de las operaciones de frenado o examinarse en cuanto a una coincidencia con curvas características conocidas.
- 15 En lugar del valor absoluto de la energía de accionamiento  $E_E$  puede usarse también la modificación temporal (o la velocidad modificada) o usarse partes de la energía de accionamiento  $E_E$ . Dado que, por ejemplo, al vencer un intersticio de aire ya se consume energía, puede usarse por ejemplo solo aquella parte de la energía de accionamiento determinada  $E_E$ , que está conectada realmente con la compresión de pastilla, es decir con la generación de un efecto de frenado. La proporción de energía para vencer un intersticio de aire puede restarse o
- 20 usarse adicionalmente, por ejemplo para la determinación de la fricción en el ciclo en vacío (sin fuerza de pastilla), para compensar efectos de fricción o emitir un aviso cuando la fricción se vuelve demasiado grande.
- El aumento de la energía de accionamiento  $E_E$  puede utilizarse para reconocer el contacto de la pastilla 3,6 de freno con la superficie de fricción, porque entonces crece de manera más intensa la energía de accionamiento  $E_E$ .
- 25 La energía de accionamiento  $E_E$ , o de manera análoga la modificación de la energía de accionamiento  $E_E$  o la velocidad modificada, puede utilizarse también para un ajustador 11 de desgaste, para establecer por ejemplo que una pastilla 3, 6 de freno en el reajuste de desgaste entra en contacto con la superficie de fricción. En este caso, el ajustador 11 de desgaste puede alejar la pastilla 3, 6 de freno de nuevo un trozo definido de la superficie de fricción, para obtener un intersticio de aire definido.
- 30 Del mismo modo, es concebible que el procedimiento descrito anteriormente para accionar un freno 1 de fricción eléctrico se utilice de manera análoga también para accionar un ajustador 11 de desgaste impulsado eléctricamente, para ajustar un intersticio de aire deseado. En este caso, la operación de reajuste de desgaste debe entenderse como operación de frenado y el accionamiento del freno 1 de fricción como accionamiento del ajustador de desgaste del freno 1 de fricción.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para accionar un freno (1) de fricción accionado eléctricamente, impulsado por un motor (21) eléctrico, en el que para una operación de frenado para la generación de un efecto de frenado teórico predeterminado del freno (1) de fricción se presiona una pastilla (3, 6) de freno contra una superficie de fricción, partiendo de una posición teórica asociada al efecto de frenado teórico del freno (1) de fricción, caracterizado porque para la operación de frenado se determina una energía de accionamiento ( $E_E$ ) del motor (21) eléctrico y la energía de accionamiento determinada ( $E_E$ ) se determina como energía de accionamiento real ( $E_{E\_real}$ ) en la posición teórica predeterminada del freno (1) de fricción y para la posición teórica o para un efecto de frenado teórico a partir de datos conocidos para el freno (1) de fricción 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 ( $E_{E\_teórica}$ ) accionando el freno (1) de fricción.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el freno (1) de fricción se acciona al final de la operación de frenado para la compensación de la desviación entre la energía de accionamiento real ( $E_{E\_real}$ ) y la energía de accionamiento teórica ( $E_{E\_teórica}$ ), para lograr el efecto de frenado teórico.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se compensa la desviación al cambiarse la posición teórica.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, 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.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se acciona un ajustador (11) de desgaste del freno (1) de fricción al final de la operación de frenado para modificar un intersticio de aire en función de la desviación entre la energía de accionamiento real ( $E_{E\_real}$ ) y la energía de accionamiento teórica ( $E_{E\_teórica}$ ).
6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se acciona un ajustador (11) de desgaste del freno (1) de fricción después de un determinado tiempo tras la operación de frenado para modificar un intersticio de aire en función de la desviación entre la energía de accionamiento real ( $E_{E\_real}$ ) y la energía de accionamiento teórica ( $E_{E\_teórica}$ ).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque se promedian las desviaciones que aparecen en este tiempo.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, para la operación de frenado, a partir de una energía de frenado de motor conocida ( $E_B$ ) del motor (21) eléctrico y de la energía de accionamiento ( $E_E$ ) se determina una capacidad de absorción de energía ( $E_V$ ) del freno (1) de fricción antes de alcanzar una posición teórica o efecto de frenado teórico y se compara durante la operación de frenado la energía cinética actual ( $E_K$ ) del motor (21) eléctrico con la capacidad de absorción de energía asociada a la posición o efecto de frenado actual ( $E_V$ ) y en el caso de coincidencia se conmuta el motor (21) eléctrico a deceleración, para influir en la evolución temporal del efecto de frenado para el logro de la posición teórica o efecto de frenado teórico.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque al final de la operación de frenado se mantiene una velocidad residual deseada del accionamiento.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el freno (1) de fricción se impulsa mediante una combinación del motor (21) eléctrico y la fuente (32) de energía auxiliar, encontrándose la proporción de la fuente (32) de energía auxiliar en el intervalo del 0 al 100%, preferiblemente del 20 al 100%.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el freno (1) de fricción 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.

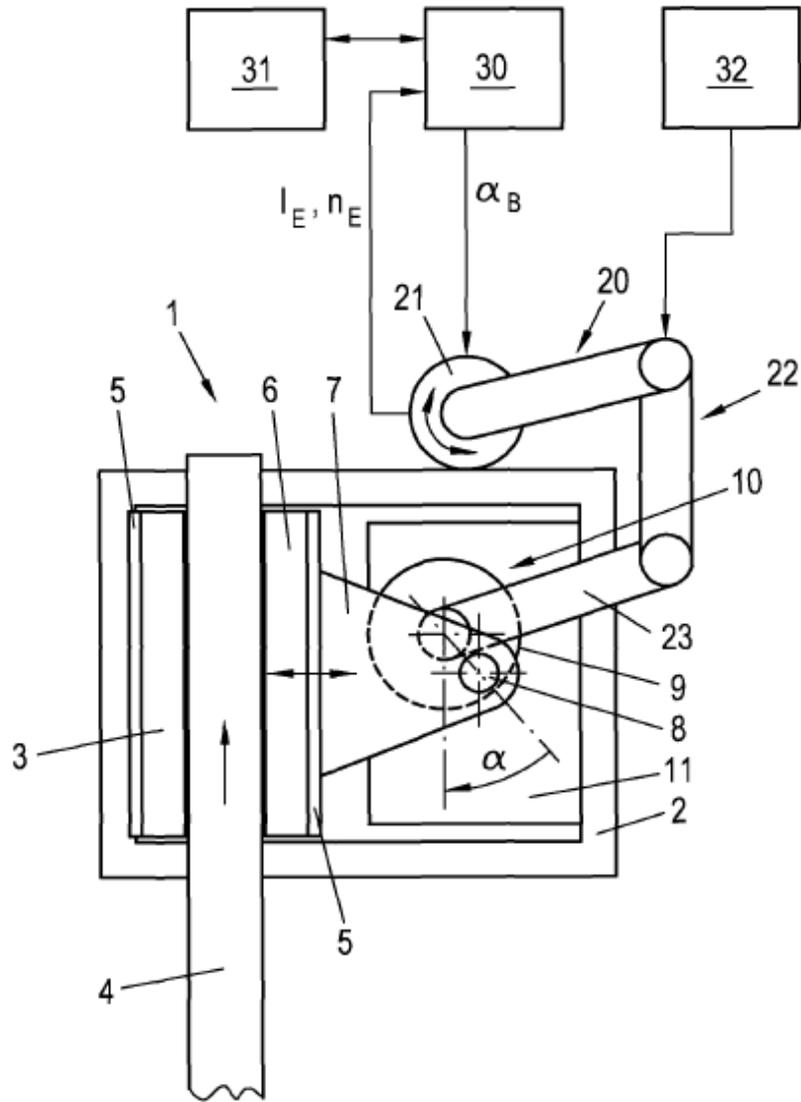


Fig. 1

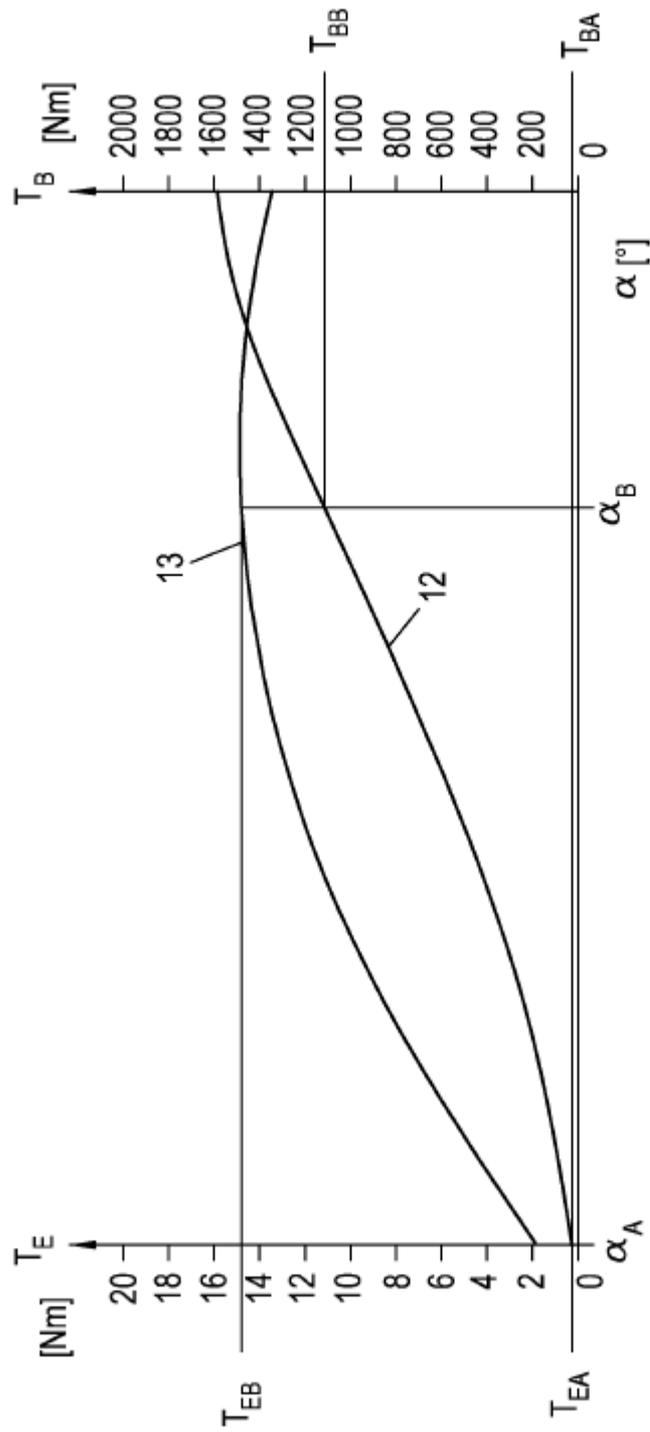


Fig. 2

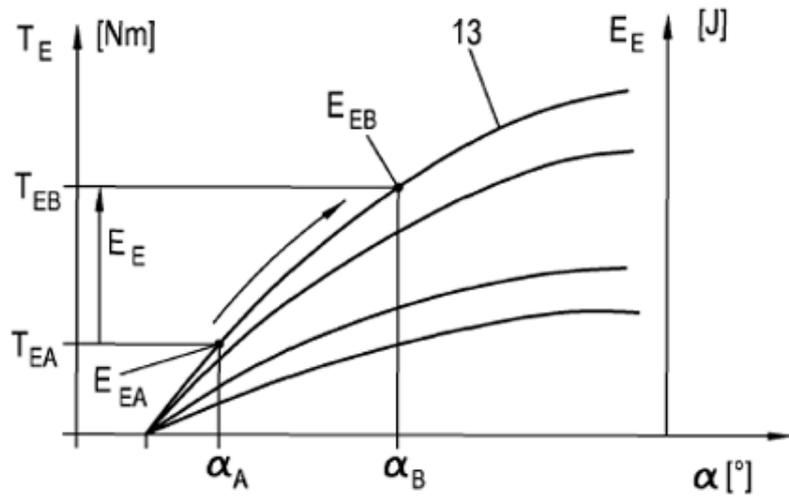


Fig. 3

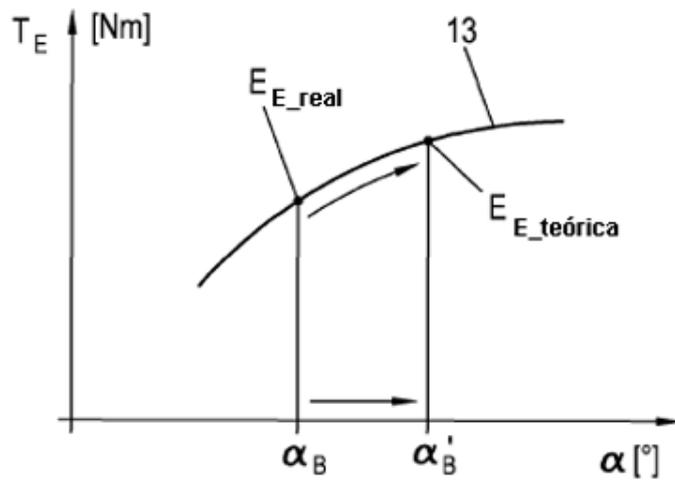


Fig. 4

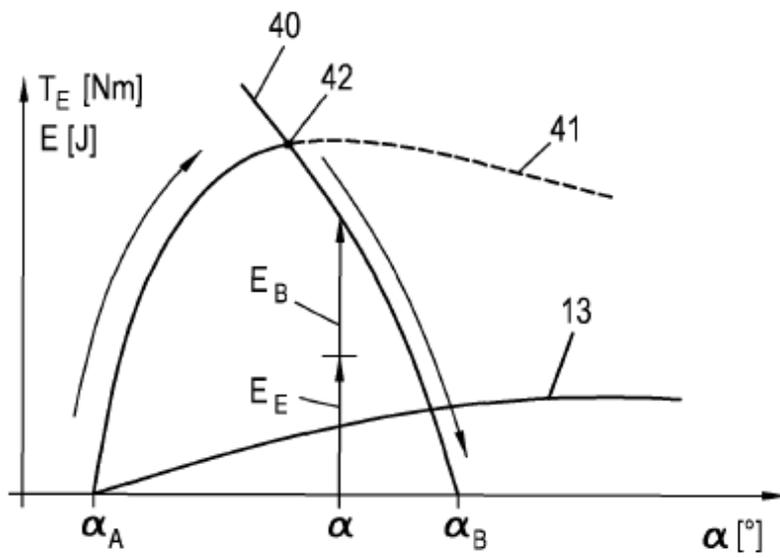


Fig. 5