



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 325 932**

51 Int. Cl.:
B60T 13/74 (2006.01)
B60T 8/17 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06290301 .8**
96 Fecha de presentación : **22.02.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1695887**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.08.2006**

54 Título: **Procedimiento de control en un sistema de frenado de un vehículo con frenos eléctricos.**

30 Prioridad: **25.02.2005 FR 05 01935**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.09.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.09.2009

73 Titular/es: **MESSIER-BUGATTI**
Zone Aeronautique Louis Breguet
78140 Vélizy Villacoublay, FR

72 Inventor/es: **Thibault, Julien**

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

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 de control en un sistema de frenado de un vehículo con frenos eléctricos.

5 La invención se refiere a un procedimiento de control en un sistema de frenado con frenos eléctricos.

Antecedentes de la invención

10 Las aeronaves modernas comprenden un sistema de frenado que presenta frenos eléctricos dotados de accionadores electromecánicos.

Cada uno de los accionadores presenta un empujador que es desplazado en oposición a un apilamiento de discos bajo la acción de un motor eléctrico, para aplicar un esfuerzo de frenado selectivamente sobre el apilamiento de discos.

15 Como es conocido, dichos frenos son en general controlados en esfuerzo con el intermedio de una consigna de frenado.

20 La invención se aplica más particularmente a los accionadores dotados de un captador de posición del empujador, pero que no presentan captador de esfuerzo capaz de medir el esfuerzo aplicado por el empujador sobre el apilamiento de discos.

25 En este caso, el control del esfuerzo de los accionadores requiere estimar el esfuerzo aplicado por el empujador en función de parámetros medibles, tales como la posición del empujador, o también la corriente de alimentación del motor eléctrico.

Por el contrario, se puede convertir la consigna de frenado en una consigna de posición y proceder a un control de posición.

30 El control puesto en práctica depende en general de parámetros, relaciones, modelos que se estiman *a priori*. No obstante, las condiciones de funcionamiento del freno pueden cambiar a lo largo de la vida del mismo, lo que hace el control menos preciso.

35 Es conocido, especialmente por el documento US 6 178 369, ajustar una relación entre la consigna de frenado y la consigna de posición para tener en cuenta condiciones de funcionamiento del freno, y en especial su temperatura o del desgaste de los discos. A estos efectos, se hace funcionar el freno en condiciones para las cuales el esfuerzo aplicado por el empujador sobre los elementos de fricción depende esencialmente de la corriente de alimentación del motor eléctrico, y para uno o varios puntos de funcionamiento se capta la posición del empujador y el esfuerzo que ejerce. Se utilizan los pares de posición/esfuerzo captados de este modo para ajustar la relación, por ejemplo, mediante un método clásico de regresión.

Objetivo de la invención

45 La presente invención tiene por objetivo una puesta en práctica específica del principio general explicado anteriormente.

Breve descripción de la invención

50 Para conseguir este objetivo, se propone un procedimiento de control en un sistema de frenado de vehículo que presenta, como mínimo, un freno eléctrico dotado, como mínimo, de un accionador electromecánico que presenta un empujador desplazado bajo la acción de un motor eléctrico en oposición a elementos de fricción para aplicar selectivamente un esfuerzo sobre los elementos de fricción como respuesta a una consigna de frenado, recurriendo el procedimiento a una relación para transformar una consigna de esfuerzo a aplicar por el empujador sobre los elementos de fricción en una consigna de posición del empujador, comportando el procedimiento las siguientes etapas:

55 - hacer funcionar el freno en condiciones en las que el esfuerzo aplicado por el empujador sobre los elementos de fricción depende esencialmente de la corriente de alimentación del motor eléctrico;

60 - para, como mínimo, un punto de funcionamiento determinado, captar la posición y la corriente correspondientes, y deducir de la corriente captada de este modo un esfuerzo correspondiente;

- utilizar la posición y el esfuerzo determinados de esta manera para ajustar la relación entre la consigna de posición y la consigna de esfuerzo.

65 Según la invención, dichas condiciones de funcionamiento comportan la imposición al empujador de uno o varios escalones de posición.

Breve descripción de los dibujos

La invención se comprenderá mejor en base a la descripción siguiente, que hace referencia a las figuras en los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista en sección de un freno eléctrico con accionadores electromecánicos;
- la figura 2 es una vista esquemática del control utilizado para el mando de los accionadores;
- la figura 3A es un gráfico que muestra, en función del tiempo, las evoluciones de la posición (en trazo grueso) y de la corriente de alimentación (en trazo fino) según el procedimiento de la invención;
- la figura 3B es un gráfico que muestra el ajuste de la relación entre el esfuerzo y la posición del empujador según el procedimiento de la invención;
- la figura 4 es un gráfico que muestra, en función del tiempo, las evoluciones de una consigna de posición utilizada dentro del marco de una primera forma de puesta en práctica del procedimiento de la invención;
- la figura 5A es un gráfico que muestra, en función del tiempo, las evoluciones de la consigna de posición utilizada en el marco de una segunda forma de puesta en práctica del procedimiento de la invención;
- la figura 5B es un gráfico que muestra, en función del tiempo, las evoluciones de la corriente de alimentación del accionador en relación con la consigna de posición de la figura 5A.

Descripción detallada de la invención

El procedimiento de la invención se detalla, a continuación en su aplicación a una aeronave que comprende un cierto número de ruedas frenadas, tales como la que se ha mostrado en la figura 1. Cada una de las ruedas frenadas presenta una llanta (5) adaptada para recibir un neumático (no representado) y montada con capacidad de rotación sobre un eje (6) soportado por uno de los trenes de aterrizaje (15) de la aeronave. Sobre el eje (6) está montada una corona (7) que lleva accionadores (8). Sobre la corona (7) está fijado un tubo de torsión (9), que se extiende en la llanta (5) terminando en un apoyo (10). Se interrumpe la corona (7) y, por lo tanto, del tubo de torsión (9), con respecto al eje (6), por medios de paro no representados en este caso.

Entre el apoyo (10) y los accionadores (8) se extiende un apilamiento de discos (11) compuesto por rotores que son solidarios en rotación con la llanta (5) y de estatores que son solidarios en rotación con el tubo de torsión (9).

Cada uno de los accionadores (8) presenta un cuerpo (12) en el que un empujador (13) está montado para desplazarse linealmente en oposición al apilamiento de discos (11) bajo la acción de un motor eléctrico contenido en el cuerpo (12), con la finalidad de aplicar selectivamente sobre el apilamiento de discos (11) un esfuerzo que, al inducir esfuerzos de fricción entre los rotores y los estatores del apilamiento de discos, contribuye a ralentizar la rotación de la llanta (5) y, por lo tanto, a frenar la aeronave. Cada uno de los accionadores (8) presenta un captador de posición (14) para medir los desplazamientos lineales del empujador (13).

Los accionadores (8) están asociados a un módulo de mando (50) que puede funcionar según una modalidad controlada en el que cada uno de los empujadores (13) es desplazado con respecto del apilamiento de discos (11) por el motor eléctrico, asociado como respuesta a una consigna de frenado que es generada en especial a partir de señales que proceden de los pedales de freno (51) accionados por el piloto.

En estos accionadores, el par impuesto por el motor al conjunto motorreductor que permite transformar el movimiento de rotación del motor en movimiento de translación del empujador (13) es directamente proporcional a la intensidad de la corriente de alimentación del motor. Se puede expresar:

$$C_{em} = K \cdot i,$$

en la que C_{em} es el par electromagnético, K es un coeficiente de proporcionalidad y i es la corriente de alimentación del motor eléctrico.

No obstante, el par electromagnético C_{em} no se aplica por completo en la acción del empujador (13) contra el apilamiento de discos. En efecto, una parte del par electromagnético C_{em} se consume para contrarrestar los efectos de inercia (aceleraciones o desaceleraciones del empujador y de las masas móviles asociadas). Otra parte del par electromagnético C_{em} se consume para compensar los rozamientos sólidos y los rozamientos viscosos (es decir, que dependen de la velocidad) que se oponen al desplazamiento del empujador (13). Se expresa:

$$C_{em} = C_i + C_{fs} + C_{fv} + C_u,$$

ES 2 325 932 T3

en la que:

C_i es el par de inercia;

5 C_{fs} es el par de rozamiento sólido;

C_{fv} es el par de rozamiento viscoso;

10 C_u es el par útil.

El par útil da lugar a un esfuerzo F , tal como $c_u = a \cdot \eta \cdot F$, en el que a es un coeficiente de transmisión directamente relacionado con la geometría del conjunto motorreductor, y η es el rendimiento de esta transmisión.

15 El módulo de mando (50) es adaptado para poner en práctica el control de los accionadores, tal como se ha mostrado en la figura 2.

20 La consigna de frenado $\bar{F}$ es transformada inicialmente en una consigna de posición $\bar{x}$. A estos efectos, se utiliza una relación R entre la posición del empujador (13) y el esfuerzo ejercido por el empujador (13) sobre el apilamiento de discos (11).

Esta consigna $\bar{x}$ forma la entrada de un bucle de retroacción en posición. A esta consigna se relaciona la posición $\bar{X}$ del empujador (13), tal que se ha medido por el captador de posición (14).

25 La separación ε_x formada de este modo es tratada por una primera función de transferencia G , en este caso del tipo PID, para ser transformada en una consigna de corriente $\bar{i}$. Esta consigna forma la entrada de un bucle interno de retroacción de corriente. A esta consigna se sustrae la corriente i , que se ha medido por el captador de corriente (15), que en este caso está integrado en el módulo de mando (50).

30 La separación ε_j formada de este modo, es tratada entonces por una función de transferencia H (en este caso un PID), y a continuación, es facilitada al motor eléctrico del accionador.

35 Se ha comprobado que la relación R entre la posición y el esfuerzo ejercido por el empujador es particularmente sensible al desgaste de los discos. La invención tiene precisamente por objeto ajustar esta relación R para tener en cuenta este desgaste.

A estos efectos, se estiman esfuerzos F_p correspondientes a una serie de posiciones x_p del empujador, y se utilizan los pares (x_p, F_p) estimados de este modo para ajustar la relación R entre la posición y el esfuerzo, por ejemplo, por medio de una regresión de tipo conocido.

De acuerdo con la invención, y tal como se ha mostrado en las figuras 3A y 3B, se hace avanzar inicialmente el empujador (13) a velocidad constante.

45 Manteniendo constante la velocidad, los efectos de inercia son nulos, de manera que el par C_j es nulo. Por otra parte, se tendrá cuidado en mantener la velocidad suficientemente reducida, de manera que el par de los rozamientos viscosos C_{fv} sea siempre despreciable.

50 En el gráfico 3ª, la curva de trazos gruesos que muestra las posiciones del empujador (13) adopta entonces la forma de una recta, habiéndose tomado el origen de los tiempos en el momento del contacto del empujador (13) con el apilamiento de discos (11).

55 Cuando tiene lugar una primera fase en la que el empujador (13) no se encuentra en contacto con el apilamiento de discos, el par útil C_u es nulo, de manera que la totalidad del par electromagnético desarrollado por el motor sirve para vencer los rozamientos sólidos. Midiendo la corriente de alimentación i_0 en esta situación, se obtiene una medición de los rozamientos sólidos:

$$C_f = K \cdot i_0.$$

60 La corriente i_0 es visible en la curva de corriente de trazo fino. Es la corriente constante que recibe el motor antes del contacto del empujador (13) con el apilamiento de discos (11).

65 En una segunda fase en la que el empujador (13) está en contacto con el apilamiento de discos (11), el par útil ya no es nulo y se puede deducir directamente de la medición de corriente i :

$$C_u = K \cdot (i - i_0).$$

ES 2 325 932 T3

De acuerdo con el principio general de la invención se obliga al empujador (13) a un desplazamiento con un cierto número de escalones después de los cuales el empujador (13) queda inmóvil. En el gráfico de la figura 3A, se observa durante un instante t_p considerado en uno de estos escalones, la posición x_p y la corriente i_p correspondientes.

Cuando el empujador está estabilizado en posición, se capta la posición x_p , así como la corriente de alimentación i_p correspondiente. En estas condiciones, el par de inercia C_i y el par de rozamientos viscosos C_{fv} son nulos, de manera que el esfuerzo aplicado se puede deducir directamente de la corriente por la relación:

$$F_p = K.(i_p - i_0)/a\eta.$$

Repitiendo estas mediciones varias veces y asociando a cada corriente medida i_p un esfuerzo F_p , según la relación explicada anteriormente, se obtiene una serie de pares (x_p, F_p) mostrados mediante cruces en el gráfico de la figura 3B. Estos pares son utilizados según la invención para ajustar la relación (R) utilizada en la correspondencia entre la consigna de posición y la consigna de esfuerzo, según un procedimiento de regresión clásica.

La estimación del esfuerzo a partir de la corriente es susceptible de diferentes variantes.

En una primera variante, se tiene en cuenta de situar en las posiciones por las cuales el par útil C_u es mayor que el par de rozamiento sólido C_f , es decir, para las cuales la corriente de alimentación i_p es mayor que la corriente i_0 , de manera que ésta puede ser despreciada. Se puede estimar entonces un esfuerzo F_p correspondiente con ayuda de la medición de la corriente de alimentación i_p por la relación:

$$F_p = K.i_p/a.\eta$$

En otra variante, se hace avanzar el empujador a velocidad constante pero no obstante, con un valor importante, para ganar tiempo. En este caso, los rozamientos viscosos no pueden ser despreciados, pero son integrados en la corriente i_0 .

Una vez expuesto el principio general de la invención, se describirán a continuación formas particulares de puesta en práctica de la misma.

De acuerdo con la primera forma de puesta en práctica, que se ha mostrado en la figura 4, los escalones de posición son obtenidos utilizando una consigna de posición $\bar{X}$ que forma escalones.

En cada uno de los escalones controlados de este modo, se estabilizan la posición, la corriente y el esfuerzo ejercido por el empujador. Esta estabilización es fácilmente observada siguiendo las evoluciones de la señal del captador de posición del accionador. A partir de ello es suficiente captar la posición y la corriente correspondientes para obtener un par (x_p, i_p) . Deduciendo el esfuerzo de la corriente medida tal como se ha indicado anteriormente, se obtiene finalmente un par (x_p, F_p) .

Se observará que la consigna de posición $\bar{X}$ comporta una parte inicial de desplazamiento del empujador a una velocidad constante, lo que permite captar la corriente i_0 .

En la práctica, si el accionador puede ser controlado directamente en posición, es suficiente entonces utilizar la consigna de posición $\bar{X}$ mostrada en la figura 4. De lo contrario, es suficiente transformar la consigna de posición $\bar{X}$ en una consigna de esfuerzo correspondiente utilizando la relación recíproca de la relación (R).

En una segunda forma de puesta en práctica mostrada en la figura 5A, se obtienen los escalones de posición utilizando una consigna de posición $\bar{X}$ que aumenta de manera indefinida, a una velocidad constante.

Tal como es visible en la figura 5B, la corriente de alimentación necesaria para seguir la consigna de posición $\bar{X}$ aumenta de manera sensiblemente lineal a partir del instante de contacto (tomado en el origen de los tiempos sobre los gráficos) hasta el instante t^* para el cual la corriente alcanza el umbral de corriente máxima disponible I_{max} .

Desde aquel momento, la corriente i se estabiliza con el valor I_{max} , lo que implica el paro del empujador, tal como es visible en la figura 5A y, por lo tanto, un escalón de posición de éste.

Cuando la posición de paro del empujador se ha estabilizado, se capta la posición correspondiente x_p . La corriente i_p es la corriente I_{max} . Deduciendo el esfuerzo de la corriente, se obtiene finalmente un par (X_p, F_p) .

En la práctica, el umbral de corriente máxima disponible se deduce de:

- bien sea de limitaciones estructurales de la alimentación de manera que la corriente máxima disponible es la corriente máxima que la alimentación es capaz de desarrollar;

ES 2 325 932 T3

- o bien de una limitación lógica que limita la corriente utilizable por el accionador a un nivel escogido (inferior o igual a la corriente máxima desarrollable), lo que permite realizar varios escalones, seleccionando varios niveles de corriente máxima disponible.

5 De forma segura, se impondrá al empujador el número de escalones en posición requerido por el número de pares a adquirir para ajustar la relación (R). De esta manera, se puede aceptar un solo escalón si la relación (R) no depende solamente de un parámetro que puede ser determinado por medio del par único (X_p , F_p) medido por medio del único escalón efectuado. No obstante, y de modo preferente, se realizarán varios escalones.

10 Este ajuste permite, en un caso, evitar una sobrepresión inútil sobre el apilamiento de discos, fatigando inútilmente el freno y utilizando prematuramente los discos y, en otro caso, una aplicación insuficiente de esfuerzo que conduce a rendimientos de frenado degradados.

15 La invención no está limitada a lo que se ha descrito, más bien por el contrario engloba toda variante que entra en el marco definido por las reivindicaciones.

En particular, el ajuste según la invención se pone en práctica preferentemente en el momento de la salida del tren de aterrizaje antes del aterrizaje de la aeronave. De este modo, la relación (R) entre la consigna de posición y la consigna de esfuerzo es reajustada antes de cada aterrizaje para tener en cuenta el estado de desgaste de los discos.
20 No obstante, la etapa de ajuste puede ser puesta en práctica en otras circunstancias, por ejemplo, como respuesta a la superación de un determinado umbral de desgaste de los elementos de fricción, o también de manera periódica una vez cada 10 o 100 vuelos, cuando tiene lugar la sustitución de los elementos de fricción, o también en el curso de un mantenimiento en taller.

25 Si bien la consigna de frenado es en este caso una consigna de esfuerzo, es igualmente posible aplicar la invención a una consigna expresada de forma porcentual de un esfuerzo máximo.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control en un sistema de frenado de un vehículo que presenta, como mínimo, un freno eléctrico dotado como mínimo de un accionador (8) que presenta un empujador (13) que es desplazado bajo la acción de un motor eléctrico en oposición a elementos de fricción (11) para aplicar selectivamente un esfuerzo sobre los elementos de fricción como respuesta a una consigna de frenado, recurriendo el procedimiento a una relación (R) para transformar una consigna de frenado a aplicar por el empujador en una consigna de posición del empujador, comportando el procedimiento las siguientes etapas:

- hacer funcionar el freno en condiciones para las que el esfuerzo aplicado por el empujador en los elementos de fricción depende esencialmente de la corriente de alimentación del motor eléctrico:

- para, como mínimo, un punto de funcionamiento captar una posición (x_p) del empujador y la corriente de alimentación (i_p) correspondiente del motor eléctrico, y deducir de la corriente captada un esfuerzo correspondiente (F_p);

- ajustar la relación (R) entre la consigna de posición y la consigna de frenado en función de la posición y del esfuerzo determinados de este modo;

caracterizado porque dichas condiciones de funcionamiento comportan la imposición al empujador de uno o varios escalones de posición.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el escalón o escalones resultan de la utilización de una consigna de posición que comporta escalones.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el escalón o escalones resultan de la utilización de una consigna de posición que impone un desplazamiento del empujador que, cuando tiene lugar la corriente de alimentación del motor eléctrico alcanza un nivel máximo de corriente disponible.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se pone en práctica la etapa de ajuste por lo menos una vez por ciclo de utilización del vehículo.

FIG.1

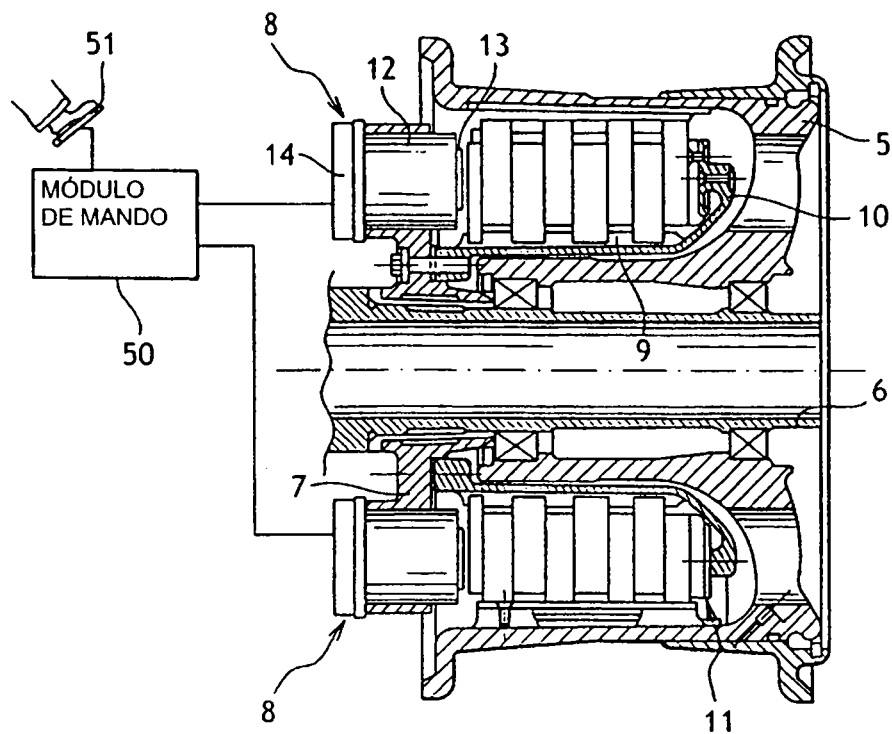


FIG.2

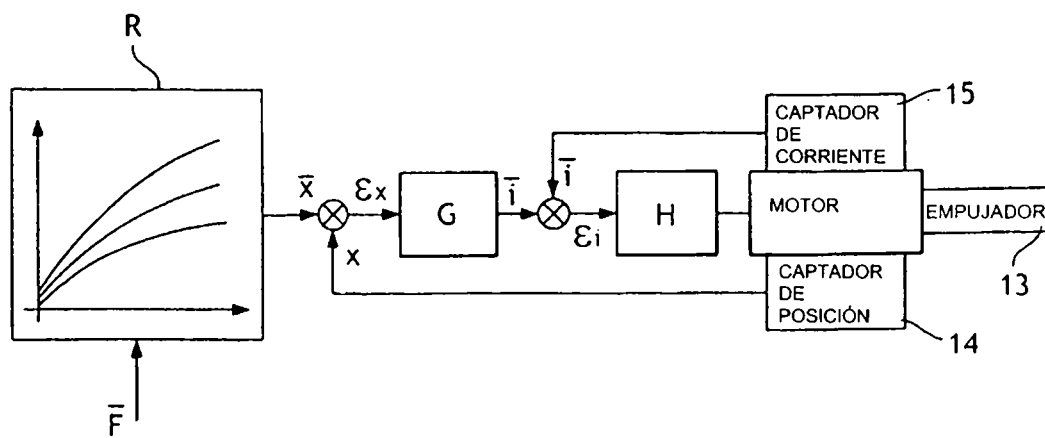


FIG.3A

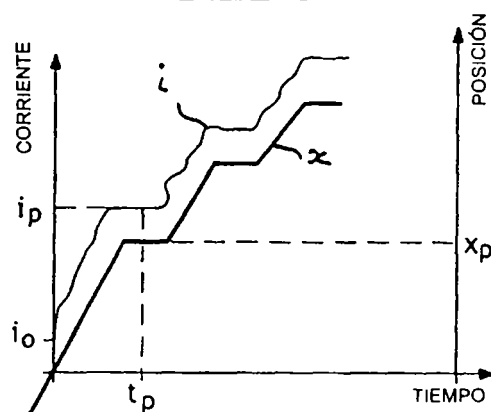


FIG.3B

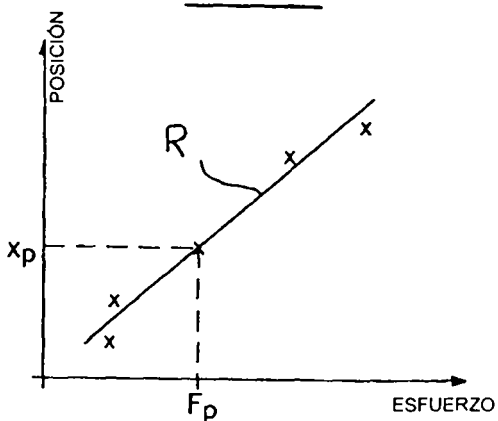


FIG4

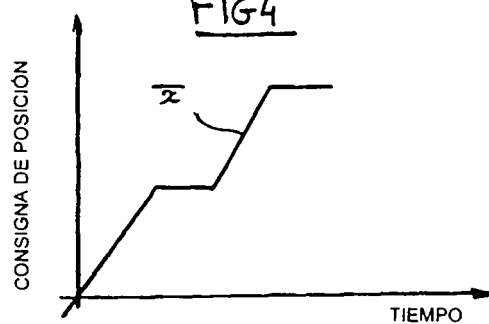


FIG 5A

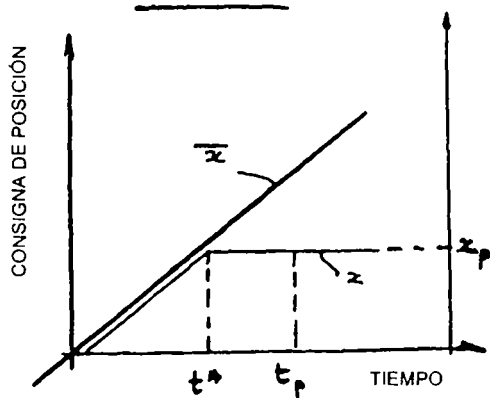


FIG 5B

