

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 154**

51 Int. Cl.:

B61D 17/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.10.2017 E 17196839 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 3315378**

54 Título: **Procedimiento de control de un manipulador de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza**

30 Prioridad:

17.10.2016 FR 1660048

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

03.03.2021

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (50.0%)
48, rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen, FR y
UNIVERSITÉ DE VALENCIENNES ET DU
HAINAUT CAMBRÉSIS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**MIGLIANICO, DENIS;
DEQUIDT, ANTOINE;
DANG, QUOC-VIET;
MOUCHEL, MATHIEU y
LOUVEAU, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 809 154 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 de control de un manipulador de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere al campo de los manipuladores de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza.
- [0002]** Un vehículo ferroviario está configurado para desplazarse a lo largo de una vía férrea. Se trata, por ejemplo, de un metro, un tranvía, un tren regional o un tren de alta velocidad.
- 10 **[0003]** Un manipulador de conducción de vehículos ferroviarios es un dispositivo de control que comprende un dispositivo de control móvil o "palanca" que el conductor maneja para controlar la tracción y/o el frenado del vehículo ferroviario.
- 15 **[0004]** Tal manipulador se describe en el documento EP2712783A1.
- [0005]** La función de retorno de fuerza permite transmitir señales hápticas al conductor. El conductor puede adaptar su comportamiento en función de las señales hápticas que se le transmiten a través de la función de retorno de fuerza.
- 20 **[0006]** Uno de los objetivos de la invención es proponer un procedimiento mejorado para controlar un manipulador de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza.
- [0007]** Con este fin, la invención propone un procedimiento para controlar un manipulador de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza según la reivindicación 1.
- 25 **[0008]** El procedimiento de control comprende opcionalmente una o más de las características de las reivindicaciones 2 a 11.
- 30 **[0009]** La invención también se refiere a un manipulador de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza según la reivindicación 12.
- [0010]** La invención y sus ventajas se comprenderán mejor con la lectura de la siguiente descripción, dada únicamente a modo de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos anexos, en los cuales:
- 35 - la figura 1 es un diagrama que ilustra un manipulador de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza; y
 - las figuras 2 a 10 son gráficos que ilustran las leyes de instrucciones para el control de un actuador del manipulador para generar un retorno de fuerza.
- 40 **[0011]** El manipulador 2 de conducción de vehículos ferroviarios de la figura 1 está configurado para permitir que un conductor controle la tracción y/o el frenado de un vehículo ferroviario 4.
- [0012]** El vehículo ferroviario 4 comprende un sistema de tracción 6 y un sistema de frenado 8. El sistema de tracción 6 comprende, por ejemplo, uno o más bogies de motor. El sistema de frenado 8 comprende, por ejemplo, frenos dispuestos en ruedas de bogie del vehículo ferroviario.
- 45 **[0013]** El vehículo ferroviario 4 comprende un sistema de control electrónico 10 para controlar el sistema de tracción 6 y el sistema de frenado 8. El sistema de control 10 es, por ejemplo, un sistema de control y comando de trenes, generalmente denominado TCMS ("Train control and management system").
- 50 **[0014]** El manipulador 2 comprende una palanca 12 que puede ser operada manualmente por un conductor. El movimiento de la palanca 12 permite controlar la tracción y/o el frenado del vehículo ferroviario 4.
- 55 **[0015]** La palanca 12 comprende aquí una manija 14 montada de manera pivotante sobre un soporte 16 alrededor de un eje de rotación A, la palanca 14 lleva un mango de agarre 18 destinado a ser agarrado por el conductor.
- [0016]** El manipulador 2 comprende un actuador 20 configurado para ejercer un par sobre la palanca 12 para generar un retorno de fuerza. El actuador 20 es aquí un servomotor acoplado a la palanca 12 para ejercer un par C sobre la palanca 12. La fuerza F percibida por el conductor es igual al par C ejercido por el actuador 20 sobre la palanca 12, dividido por la distancia d (brazo de palanca) entre el eje de rotación A de la palanca 12 y el mango de agarre 18 ($F = C / d$).
- 60 **[0017]** El manipulador 2 comprende al menos un sensor para medir un parámetro dinámico de la palanca 12. Los parámetros dinámicos de la palanca 12 son los parámetros de los que depende el movimiento de la palanca 12.
- 65

Los parámetros dinámicos de la palanca 12 comprenden la posición, la velocidad, la aceleración y las fuerzas experimentadas por la palanca 12. El manipulador aquí comprende un sensor de posición 22 configurado para medir la posición P de la palanca 12.

5 **[0018]** El sistema de control 10 está configurado para controlar el sistema de tracción 6 y el sistema de frenado 8 en función de una instrucción de conducción generada por el manipulador 2. La instrucción de conducción es, por ejemplo, la posición P de la palanca 12.

10 **[0019]** El manipulador 2 comprende una unidad de control electrónica 24 configurada para implementar un procedimiento para controlar el manipulador 2, que comprende el cálculo de una instrucción de retorno de fuerza F_C en función de al menos un parámetro dinámico de la palanca 12 y al menos un parámetro contextual recibido por el manipulador 2 para transmitir una primera señal háptica en función del parámetro dinámico e independiente del parámetro contextual, y una segunda señal háptica en función del parámetro contextual y posiblemente del parámetro dinámico, la primera señal háptica y la segunda señal háptica están superpuestas, y el control del actuador 20 en 15 función de la instrucción de retorno de fuerza F_C .

20 **[0020]** En una realización, la unidad de control 24 está configurada para implementar el cálculo de una primera instrucción F_S para generar la primera señal háptica, y de una segunda instrucción F_D para generar la segunda señal háptica, y para calcular la instrucción de retorno de fuerza F_C como la suma de la primera instrucción F_S y la segunda instrucción F_D .

25 **[0021]** La unidad de control 24 comprende, por ejemplo, un primer módulo de cálculo 26 para calcular la primera instrucción F_S , un segundo módulo de cálculo 28 para calcular la segunda instrucción F_D y un módulo de cálculo de instrucción 30 para calcular la instrucción de retorno de fuerza F_C , sumando la primera instrucción F_S y la segunda instrucción F_D .

30 **[0022]** En una realización, la unidad de control 24 comprende un procesador 32 y una memoria 34, los módulos de la unidad de control 24 (primer módulo de cálculo 26, segundo módulo de cálculo 28 y módulo de cálculo de instrucción 30) se proporcionan en forma de instrucciones de código de software almacenadas en la memoria 34 y ejecutables por el procesador 32. Como variante o como opción, se proporciona al menos un módulo de la unidad de control 24 en forma de un circuito integrado dedicado o de un circuito lógico programable.

35 **[0023]** En una realización, la primera instrucción F_S y la segunda instrucción F_D se calculan a partir de tablas predefinidas 36, 38 y/o fórmulas de cálculo.

[0024] Las figuras 2 a 10 ilustran las leyes de instrucciones presentadas en forma de curvas. Cada ley de instrucción indica la instrucción de retorno de fuerza (ordenada) en función de la posición P de la palanca 12 (abscisa).

40 **[0025]** En las figuras 2 a 10, una flecha en una curva significa que la instrucción se aplica para un desplazamiento de la palanca 12 en el sentido correspondiente al de la flecha.

[0026] Por convención, la instrucción de conducción es una función de la posición de la palanca de la siguiente manera:

- 45 - $P = P_{\min}$: posición máxima de frenado (frenado de emergencia);
 - $P_{\min} < P < P_{\text{neutral}}$: posición de frenado;
 - $P = P_{\text{neutral}}$: posición neutra (sin frenado, ni tracción);
 - $P_{\text{neutral}} < P < P_{\max}$: posición de tracción; y
 - $P = P_{\max}$: posición máxima de tracción.

50 **[0027]** Por convención, una instrucción positiva corresponde a una fuerza generada por el actuador 20 que mueve la palanca 2 hacia la posición máxima de tracción P_{\max} , una instrucción negativa corresponde a una fuerza generada por el actuador 20 que mueve la palanca 12 hacia la posición de frenado máximo P_{\min} .

55 **[0028]** En una realización, la primera instrucción F_S se calcula como la suma de un primer componente F_{S1} y un segundo componente F_{S2} .

[0029] La figura 2 ilustra el primer componente F_{S1} . El primer componente F_{S1} está configurado aquí para simular una fuerza de retorno que sería generada por un dispositivo mecánico pasivo como una leva.

60 **[0030]** El primer componente F_{S1} es una función solo de la posición P de la palanca 12.

[0031] El primer componente F_{S1} varía según cuatro zonas de posición distintas P separadas por tres posiciones de referencia P1, P2, P3 de tal manera que $P_{\min} < P3 < P2 < P_{\text{neutral}} < P1 < P_{\max}$ es decir:

65

- una zona de frenado de emergencia ($P_{\min} < P < P_3$),
- una zona de frenado ($P_3 < P < P_2$),
- una zona neutral ($P_2 < P < P_1$), y
- una zona de tracción ($P_1 < P < P_{\max}$).

5

[0032] El primer componente F_{S1} es estrictamente negativo y sustancialmente constante en la zona de tracción (curva C10). Si el conductor suelta la palanca 12 en la zona de tracción, esta última vuelve automáticamente a la zona neutral.

- 10 **[0033]** La zona neutral está ubicada alrededor de la posición neutral P_{neutral} , que es una posición estable de la palanca 12. En la zona neutral, el punto de referencia del primer componente F_{S1} recupera la palanca 12 en la posición neutral P_{neutral} . La instrucción de primer componente F_{S1} produce un efecto de muesca en la zona neutral. La instrucción del primer componente F_{S1} es negativo y decreciente durante el intervalo $P_{\text{neutral}} < P < P_1$ (curva C11), cero en la posición P_{neutral} y positivo y decreciente durante el intervalo $P_2 < P < P_{\text{neutral}}$ (curva C12). La instrucción de primer componente F_{S1} es posiblemente no lineal en la zona neutral N, para producir una sensación de muesca muy clara.

15

[0034] En la zona de frenado, la instrucción del primer componente F_{S1} es cero.

- 20 **[0035]** En la zona de frenado de emergencia, la instrucción del primer componente F_{S1} es primero positiva y aumenta desde la posición P_3 a la posición de frenado de emergencia P_{\min} (curva C13), a continuación una vez que se ha alcanzado la posición de frenado de emergencia P_{\min} , la instrucción del primer componente F_{S1} es negativa y disminuye desde la posición de frenado de emergencia P_{\min} a la posición P_3 (curva C14).

- 25 **[0036]** El primer componente F_{S1} genera primero una fuerza que se opone al movimiento de la palanca 12 hacia la posición de frenado de emergencia P_{\min} , a continuación, una vez que se alcanza la posición de frenado de emergencia P_{\min} , una fuerza de restauración desde la palanca 12 hasta la posición de frenado de emergencia P_{\min} . La posición de frenado de emergencia P_{\min} es una posición estable.

- 30 **[0037]** La figura 3 ilustra la primera instrucción F_S resultante de la combinación del primer componente F_{S1} de la figura 1 y el componente F_{S2} que es una función de la velocidad V de la palanca 12. El segundo componente F_{S2} simula la fricción.

- 35 **[0038]** La velocidad V de la palanca 12 se determina, por ejemplo, mediante la derivación digital de la posición P de la palanca 12 en función del tiempo ($V = dP/dt$). Como variante o como opción, el manipulador 2 comprende un sensor de velocidad configurado para medir la velocidad de la palanca 12.

- 40 **[0039]** Por convención, la velocidad V de la palanca 12 es positiva cuando la palanca 12 se mueve desde la posición máxima de frenado P_{\min} a la posición máxima de tracción P_{\max} , y negativa cuando la palanca 12 se mueve desde la posición máxima de tracción P_{\max} a posición máxima de frenado P_{\min} .

- 45 **[0040]** El segundo componente F_{S2} está configurado para la generación de una fuerza que se opone al movimiento de la palanca 12. La instrucción del segundo componente F_{S2} es negativa si la velocidad V es positiva, y es positiva si la velocidad V es negativa.

- 50 **[0041]** El segundo componente F_{S2} toma un primer valor negativo para las velocidades V positivas y un segundo valor positivo para las velocidades V negativas.

- 55 **[0042]** De ello se deduce que en la zona de frenado, la fuerza de restauración es diferente para las velocidades negativas V (curva C21) y para las velocidades positivas (curva C22). Asimismo, en la zona de tracción, la fuerza de restauración es diferente para las velocidades negativas V (curva C23) y para las velocidades positivas V (curva C24). Asimismo, en la zona neutral, la fuerza de restauración es diferente para las velocidades negativas V (curvas C25 y C26) y para las velocidades positivas V (curvas C27 y C28).

- [0043]** En el ejemplo ilustrado, el primer valor y el segundo valor tienen el mismo valor absoluto. Como variante, tienen valores absolutos diferentes.

- [0044]** En el ejemplo ilustrado, el segundo componente F_{S2} es invariable en función de la posición P de la palanca 12. Como variante, el segundo componente F_{S2} varía en función de la posición P de la palanca 12.

- 60 **[0045]** En una variante, el segundo componente F_{S2} se calcula a partir de dos componentes: un componente de fricción seca y un componente de fricción viscosa. El componente de fricción seca promueve la inmovilización de la palanca 12 cuando el conductor la libera y el componente de fricción viscosa promueve la estabilidad de la palanca 12.

- 65 **[0046]** Un posible método para calcular dicha segunda instrucción del componente F_{S2} utiliza la siguiente

función: $F_{S2} = - C1 \times \text{signo}(V) - C2 \times V$, en el que C1 y C2 son constantes y la función "signo" de la velocidad se define como: $\text{signo}(V) = +1$ si $V > 0$, $\text{signo}(V) = -1$ si $V < 0$, $\text{signo}(V) = 0$ si $V = 0$.

5 **[0047]** Como variante, si los sensores del manipulador 2 permiten determinar la velocidad de la palanca 12 solo por incremento: la función de "signo" de la velocidad puede definirse por: $\text{signo}(V) = +1$ si $V > +e$, $\text{signo}(V) = -1$ si $V < -e$, $\text{signo}(V) = 0$ si $-e < V < e$, siendo e el incremento de velocidad.

10 **[0048]** Como variante, otro método para calcular el segundo componente F_{S2} utiliza la siguiente función: $F_{S2} = - C1 \times \tanh(V/C3) - C2 \times V$, siendo los parámetros C1, C2 y C3 constantes para ser ajustados para obtener las características deseadas de sensación de fricción y estabilidad, siendo tanh la función hiperbólica tangente.

15 **[0049]** La unidad de control 24 está configurada, por ejemplo, para calcular la primera instrucción F_S en función de una tabla predefinida 36 que indica la primera instrucción F_S en función de la posición P y de la velocidad V de la palanca 12.

20 **[0050]** Como variante, la unidad de control 24 está configurada para calcular por separado el primer componente F_{S1} , por ejemplo, a partir de una tabla predefinida 36, y el segundo componente F_{S2} , por ejemplo, mediante la aplicación de una fórmula de cálculo, para a continuación calcular la primera instrucción F_S como la suma de los componentes primero y segundo F_{S1} , F_{S2} .

[0051] La invención no se limita a la primera instrucción F_S descrita anteriormente. Son posibles variantes en función del retorno de fuerza deseada.

25 **[0052]** En una variante, la primera instrucción F_S es cero en la zona de tracción. En otra variante, la primera instrucción F_S no es cero y es constante en la zona de frenado, la zona neutral y la zona de tracción.

30 **[0053]** La figura 4 ilustra una primera instrucción F_S según una variante, configurada para un manipulador 2 dedicado exclusivamente al control de frenado (también denominado "manipulador de frenado") con un incremento del nivel de frenado. La posición de la palanca 12 aquí varía entre la posición neutra P_{neutral} y la posición de frenado de emergencia P_{min} .

35 **[0054]** La primera instrucción F_S está configurada para generar un efecto de hendidura, lo que permite desplazar la palanca 12 en incrementos. La palanca 12 tiene una pluralidad de posiciones de frenado $PF_1, \dots, PF_i, \dots, PF_n$ estables, estando configurada la primera instrucción F_S para generar una fuerza de restauración hacia cada posición de frenado PF_i estable cuando la palanca 12 se mueve desde la posición de frenado estable PF_i a la posición de frenado siguiente PF_{i+1} (curvas C31 o C32), o a la posición de frenado anterior PF_{i-1} (curva C33).

40 **[0055]** Las figuras 5 a 7 ilustran ejemplos de segundas instrucciones F_D configuradas para generar una segunda señal háptica contextual, que es una función de un parámetro contextual y posiblemente de un parámetro dinámico de la palanca 12.

45 **[0056]** Un parámetro contextual es distinto de un parámetro dinámico de la palanca 12 (posición, velocidad, aceleración y fuerza experimentada). Un parámetro contextual se asocia en particular con las condiciones de funcionamiento del vehículo ferroviario. Las condiciones de funcionamiento del vehículo ferroviario incluyen, por ejemplo, la posición a lo largo de la ruta, la velocidad y la carga del vehículo ferroviario.

[0057] La figura 5 ilustra una segunda instrucción F_D destinada a incitar al conductor a adoptar un comportamiento que permita minimizar la energía consumida por el vehículo ferroviario para completar su trayecto.

50 **[0058]** La segunda instrucción F_D varía en función de un parámetro contextual que indica aquí una posición recomendada P_{eco} de la palanca 12, haciendo posible minimizar la energía consumida.

55 **[0059]** La posición recomendada P_{eco} varía, por ejemplo, en función de la posición del vehículo ferroviario a lo largo de su trayecto. Por lo tanto, la segunda instrucción F_D variará con el tiempo, en función de la posición del vehículo ferroviario a lo largo de su trayecto.

60 **[0060]** El parámetro contextual, aquí la posición recomendada P_{eco} , es calculado, por ejemplo, por el sistema de control 10 y transmitido al manipulador 2. La posición recomendada P_{eco} se puede calcular según la topología del trayecto (ascensos, descensos ...)

[0061] La segunda instrucción F_D está configurada, por ejemplo, para no generar fuerza en la palanca 12 cuando la posición P de la palanca 12 es menor que la posición recomendada P_{eco} , y para ejercer una fuerza de restauración cuando la palanca 12 excede la posición recomendada P_{eco} .

65 **[0062]** En la figura 5, la segunda instrucción F_D es cero para una posición por debajo de la posición

recomendada P_{eco} , y tiene, desde la posición recomendada P_{eco} ($P \geq P_{eco}$), una rampa decreciente (Curva C41) extendida por una meseta (Curva C42) a un valor de referencia constante estrictamente negativo.

5 **[0063]** Para que sea más fácil discernir la primera señal háptica y la segunda señal háptica que pueden materializarse en forma de fuerzas de restauración adicionales, es posible proporcionar una segunda instrucción F_D que tiene una rampa que no es lineal y/o una meseta que no es constante, pero que oscila alrededor de un valor de referencia.

10 **[0064]** En la variante de la figura 6, la segunda instrucción F_D presenta desde la posición recomendada P_{eco} una rampa no lineal decreciente (Curva C43) seguida de una ondulación sinusoidal alrededor de un valor de referencia estrictamente negativo (Curva C44).

15 **[0065]** En la variante de la figura 7, la segunda instrucción F_D presenta desde la posición recomendada P_{eco} una rampa lineal seguida de una ondulación triangular alrededor de un valor de referencia estrictamente negativo.

[0066] En otra variante, la segunda instrucción F_D presenta desde la posición recomendada P_{eco} una rampa lineal decreciente (curva C45) seguida de una ondulación aleatoria alrededor de un valor de referencia estrictamente negativo (curva C46). Esto permite simular una rugosidad.

20 **[0067]** La instrucción de retorno de fuerza F_C resulta de la combinación de una primera instrucción F_S y una segunda instrucción F_D , en particular de la suma de una primera instrucción F_S y una segunda instrucción F_D .

25 **[0068]** Las figuras 8 y 9 ilustran una instrucción de retorno de fuerza F_C resultante de la suma de una primera instrucción F_S y una segunda instrucción F_D según la figura 5, para dos posiciones recomendadas diferentes P_{eco} .

30 **[0069]** Por razones de claridad de los dibujos, la primera instrucción F_S es una primera instrucción que depende solo de la posición P y que corresponde al primer componente de la figura 2. Por supuesto, la primera instrucción F_S podría ser alternativamente la de la figura 3 resultante de la suma de un primer componente F_{S1} según la figura 1 y un segundo componente F_{S2} , y dependiendo de la posición P y la velocidad V .

35 **[0070]** La figura 8 ilustra una situación en la que el vehículo se mueve hacia adelante y la posición recomendada P_{eco} es estrictamente positiva ($P_{eco} > 0$). La posición P_{eco} está en la zona de tracción. En la zona de tracción, la instrucción de retorno de fuerza F_C genera por defecto una fuerza de restauración (Curva C51) resultante de la primera instrucción F_S . Desde la posición recomendada P_{eco} , la instrucción de retorno de fuerza F_C genera una mayor fuerza de retorno de la palanca (Curvas C52 y C53), como resultado de la adición de la segunda instrucción F_D .

40 **[0071]** La figura 9 ilustra una situación en la que el vehículo ferroviario frena y en la que la posición recomendada P_{eco} es estrictamente negativa ($P_{eco} < 0$), y más particularmente en la zona de frenado (fuera de la zona de frenado de emergencia). Por debajo de la posición recomendada P_{eco} , la instrucción de retorno de fuerza es cero y no genera ninguna fuerza de restauración en la palanca 12 (curva C54). Por encima de la posición recomendada P_{eco} , la instrucción de retorno de fuerza F_C genera una fuerza de retorno hacia la posición recomendada P_{eco} (curvas C55 y C56).

45 **[0072]** La figura 10 ilustra una instrucción de retorno de fuerza F_C según una variante, resultante de la combinación de una primera instrucción F_S según la figura 2 y de una variante de la segunda instrucción F_D configurada para producir un efecto de muesca alrededor de una posición de frenado P_{BB} de referencia que traduce, por ejemplo, una división de la zona de frenado en dos: una zona de frenado eléctrico por encima de la posición de frenado de referencia P_{BB} y una zona de frenado combinado eléctrico y neumático: debajo de la posición de frenado P_{BB} de referencia.

50 **[0073]** La segunda instrucción F_D comprende aquí una zona de muesca alrededor de la posición de frenado de referencia P_{BB} , en la que la instrucción de retorno de fuerza genera una sucesión de fuerza de restauración en la dirección opuesta a la dirección de movimiento del manipulador en la zona de muesca (curvas C61 a C64). Como variante, la segunda instrucción F_D comprende una serie de zonas de muesca alrededor de la posición de frenado P_{BB} de referencia.

55 **[0074]** La posición de frenado P_{BB} de referencia es variable, por ejemplo, en función de la velocidad del vehículo ferroviario, que a continuación define un parámetro contextual para determinar la instrucción de retorno de fuerza F_C . La posición de frenado P_{BB} de referencia es, por ejemplo, proporcionada por el sistema de control 10 al manipulador 2.

60 **[0075]** En funcionamiento, es posible modificar la sensibilidad de frenado eléctrico o de frenado combinado del vehículo ferroviario variando el valor de la posición de frenado P_{BB} de referencia, por ejemplo, en función de la velocidad del vehículo ferroviario, lo que permite extender la zona de frenado eléctrico a baja velocidad y extender la zona de frenado combinado a alta velocidad.

- [0076]** En la realización descrita en referencia a la figura 1, la unidad de control 24 está configurada para calcular por separado la primera instrucción F_S y la segunda instrucción F_D , y para calcular la instrucción de retorno de fuerza F_C como la suma de la primera instrucción F_S y de la segunda instrucción F_D .
- 5 **[0077]** Como variante, la unidad de control 24 está configurada para calcular la instrucción de retorno de fuerza en función de una ley predefinida que combina la primera instrucción F_S y la segunda instrucción F_D y que indica la instrucción de retorno de fuerza F_C como una función de cada parámetro dinámico y cada parámetro contextual.
- 10 **[0078]** La primera instrucción F_S y la segunda instrucción F_D pueden resultar cada una de la suma de varios componentes, como se ha visto anteriormente.
- [0079]** Preferiblemente, la unidad de control 24 puede configurarse para modificar la ley o leyes predefinidas de cálculo de la instrucción de retorno de fuerza F_C (si corresponde, las leyes predefinidas de cálculo de la primera instrucción F_S y de la segunda instrucción F_D), por ejemplo, en función de los deseos del usuario.
- 15 **[0080]** En el ejemplo ilustrado, la modificación o la selección de las tablas predefinidas 36, 38 en la memoria 34 permite modificar la función de retorno de fuerza. Es posible, para al menos una instrucción (instrucción de retorno de fuerza, primera instrucción y/o segunda instrucción) proporcionar varias tablas predefinidas 36, 38 almacenadas en la memoria de la unidad de control 24, y un selector que permite al usuario seleccionar una ley predefinida para aplicar.
- 20 **[0081]** Por consiguiente, la instrucción de fuerza F_C se calcula como una función de las leyes predefinidas personalizables. Si es necesario, se pueden configurar las leyes predefinidas para calcular la primera instrucción F_S y la segunda instrucción F_D .
- 25 **[0082]** La combinación de una primera instrucción F_S determinada únicamente a partir de uno o más parámetros dinámicos de la palanca 12 (posición, velocidad, aceleración y fuerza experimentada) e independientemente de cualquier parámetro contextual, y de una segunda instrucción F_D determinada a partir de al menos un parámetro contextual, permite devolver simultáneamente una primera señal háptica y una segunda señal háptica superpuestas y susceptibles de ser percibidas por el conductor.
- 30 **[0083]** Los parámetros contextuales incluyen, por ejemplo, la posición del vehículo ferroviario a lo largo de su trayecto, la velocidad del vehículo ferroviario y/o la carga del vehículo ferroviario. Estos parámetros contextuales relacionados con la operación del vehículo ferroviario son particularmente decisivos para el cálculo de una posición recomendada P_{eco} que limita el consumo de energía o de una posición de frenado P_{BB} de referencia.
- 35 **[0084]** Como opción, es posible devolver al conductor una señal de háptica de alerta a través del manipulador 2, por ejemplo, no mediante una instrucción de alerta F_A que se añade a la primera instrucción F_S y a la segunda instrucción F_D para obtener la instrucción de retorno de fuerza F_C .
- 40 **[0085]** Esta señal háptica de alerta debe ser perceptible para el conductor de manera inequívoca en todas las situaciones posibles y no debe modificar la posición de la palanca 12 para no interferir con la instrucción de conducción enviada por el manipulador 2 al sistema de control 10.
- 45 **[0086]** Una instrucción de alerta es, por ejemplo, una señal periódica de baja amplitud, por ejemplo, con respecto a un segundo componente F_{S2} de la primera instrucción F_S que simula una fricción, mientras es perceptible por el conductor (por ejemplo, un fuerza de amplitud comprendida entre 0,1 y 0,5 N) y utilizando una frecuencia elevada en comparación con las frecuencias utilizadas por las otras instrucciones, como por ejemplo las instrucciones dinámicas de las figuras 7 y 8. La frecuencia de esta señal háptica de alerta puede estar comprendida, por ejemplo, entre 10 y 30 Hz.
- 50 **[0087]** La unidad de control electrónica 24 comprende aquí un módulo de alerta 40 para calcular la instrucción de alerta F_A , estando configurado el módulo de cálculo 30 para calcular la instrucción de retorno de fuerza en función de la instrucción de alerta F_A , agregando la instrucción de alerta.
- 55 **[0088]** El módulo de alerta 40 determina, por ejemplo, la instrucción de alerta F_A en función de una señal de alerta S_A enviada por el sistema de control 10.
- [0089]** La instrucción de retorno de fuerza F_C generada por la unidad de control 24 no debe generar una fuerza F percibida por el conductor que exceda una fuerza máxima $F_{máx}$ (por ejemplo 5 N), para no exponer al conductor a un nivel de esfuerzo incómodo o traumático. Por lo tanto, las amplitudes de las diferentes instrucciones superpuestas deben ajustarse para no exceder este valor.
- 60 **[0090]** Como opción, para garantizar que esta fuerza máxima $F_{máx}$ no se supere durante la operación, es posible limitar la instrucción de retorno de fuerza F_C . Por ejemplo, la unidad de control 24 está configurada para calcular una
- 65

instrucción de retorno de fuerza limitada F_{CS} en función de la instrucción de retorno de fuerza F_c , y para controlar el actuador 20 en función de la instrucción de retorno de fuerza limitada F_{CS} .

[0091] La instrucción de retorno de fuerza limitada F_{CS} se calcula, por ejemplo, de la siguiente manera:

$$F_{CS} = F_{m\acute{a}x} \text{ si } F_c > F_{m\acute{a}x}$$

$$F_{CS} = F_{m\acute{a}x} \text{ si } F_c < F_{m\acute{a}x}$$

$$F_{CS} = F_c \text{ si } -F_{m\acute{a}x} < F_c < F_{m\acute{a}x}$$

[0092] El límite de la instrucción de retorno de fuerza es implementado, por ejemplo, por el módulo de cálculo 30.

[0093] Opcional o alternativamente, el manipulador 2 comprende un sensor de fuerza 42 dispuesto en la palanca 12 para medir una fuerza experimentada por la palanca 12. La determinación de la fuerza experimentada por la palanca 12 permite estimar la fuerza F percibida por el conductor. El sensor de fuerza 42 está formado, por ejemplo, por uno o más medidores de tensión dispuestos en la palanca 12.

[0094] La estimación de la fuerza F percibida permite controlar el funcionamiento correcto de los diversos dispositivos mecánicos del manipulador 2, como el actuador 20, un posible engranaje reductor dispuesto entre el actuador 20 y la palanca 12, etc.

[0095] La degradación mecánica o eléctrica, incluso menor, de un dispositivo mecánico del manipulador 2, debido, por ejemplo, a un fenómeno de fatiga, desgaste o envejecimiento, puede producir una modificación intermitente o permanente de la fuerza F percibida, de modo que la fuerza F percibida no se corresponde con la instrucción de retorno de fuerza F_c .

[0096] Una diferencia significativa establecida durante un período dado entre la instrucción de retorno de fuerza F_c enviada al actuador y la fuerza F percibida puede usarse para activar una alerta enviada al sistema de control 10 antes de la aparición de un mal funcionamiento relacionado con un fenómeno de fatiga, desgaste o envejecimiento de uno de los dispositivos.

[0097] Como opción, se activa un modo de funcionamiento degradado en este caso para garantizar la continuidad del servicio hasta el final del trayecto del vehículo ferroviario compensando el exceso o déficit de la fuerza F percibida en relación con la instrucción de retorno de fuerza F_c .

[0098] La unidad de control 24 comprende, por ejemplo, un módulo de monitorización 44 que recibe la señal del sensor de fuerza 42, y está configurado para enviar una señal de alerta J_A al sistema de control 10 y/o para calcular una instrucción de compensación F_{CO} enviada al módulo de cálculo 30.

[0099] Como opción, una redundancia de los sensores de parámetros dinámicos de la palanca 12 (posición, velocidad, aceleración, fuerza experimentada) permite verificar la consistencia de la información entregada y activar, si es necesario, una alerta enviada al sistema de control 10.

[0100] Preferiblemente, si una inconsistencia proviene de un sensor utilizado para determinar la velocidad V de la palanca 12, la función de retorno háptica se desactiva para evitar cualquier riesgo de inestabilidad del actuador 20 controlado en función de la velocidad V de la palanca 12.

[0101] Gracias a la invención, es posible explotar completamente la percepción háptica con un manipulador genérico de conducción de vehículos ferroviarios. Las instrucciones de retorno de fuerza propuestas permiten empujar los límites de estabilidad de dicho manipulador 2 y enviar señales hápticas inequívocas para el conductor y que comprenden varias señales hápticas discernibles por el conductor, algunas de las cuales se originan del sistema de control 10 del vehículo ferroviario. El ajuste de las leyes de la primera y la segunda instrucciones F_S , F_D depende de las necesidades precisas del usuario de este manipulador 2. Se puede realizar fácilmente configurando el manipulador 2, y en particular configurando las leyes de cálculo de la unidad de control 24 del manipulador 2 para calcular la instrucción de retorno de fuerza, si es necesario la primera instrucción y la segunda instrucción.

[0102] Gracias a la invención, es posible proporcionar un retorno háptico al conductor sobre el nivel de tracción y/o de frenado (incluido un punto neutral entre la tracción y el frenado) del material rodante ferroviario.

[0103] El manipulador que realiza un retorno háptico por medio de un actuador controlado según una instrucción de fuerza calculada en función de una o varias leyes de control predefinidas permite proporcionar nuevas funcionalidades.

[0104] El manipulador puede ser genérico para diferentes tipos de vehículos ferroviarios, configurándose la función de retorno háptico sin modificaciones materiales, en función de las necesidades del cliente.

[0105] La función de retorno háptico se puede implementar sin un componente mecánico como una leva o un resorte de retorno. Esto evita los problemas de envejecimiento de tales componentes mecánicos.

[0106] La invención también permite mejorar las funcionalidades existentes vinculadas a la función de retorno de fuerza vinculada al material rodante (su velocidad instantánea o su carga, por ejemplo) o al conductor (su sensibilidad o sus capacidades musculares, por ejemplo).

10

[0107] También permite realizar funcionalidades dinámicas de retorno háptico muy eficientes en función de señales externas de alerta o de aviso, al solicitar juiciosamente el sentido háptico del conductor.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de un manipulador (2) de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza, comprendiendo el manipulador (2) una palanca (12) operable por el conductor, al menos un sensor (22) para medir al menos un parámetro dinámico de la palanca, y al menos un actuador configurado para ejercer una fuerza sobre la palanca (12) para generar un retorno de fuerza, el procedimiento de control comprende:
 - el cálculo de una instrucción de retorno de fuerza (F_C) en función del parámetro dinámico (P) y al menos un parámetro contextual (P_{eco}) recibido por el manipulador (2) para transmitir una primera señal háptica en función del parámetro dinámico e independiente del parámetro contextual (P_{eco}), y una segunda señal háptica en función del parámetro contextual (P_{eco}), y
 - el control del actuador en función de la instrucción de retorno de fuerza (F_C), **caracterizado porque** la primera señal háptica y la segunda señal háptica se superponen, determinándose al menos un parámetro contextual a partir de al menos un dato elegido entre la velocidad del vehículo y la carga del vehículo.
2. Procedimiento de control según la reivindicación 1, en el que la instrucción de retorno de fuerza es función de al menos un parámetro dinámico de la palanca elegida entre: la posición, la velocidad, la aceleración y una fuerza experimentada por la palanca.
3. Procedimiento de control según la reivindicación 1 o 2, en el que el al menos un parámetro contextual se determina a partir de la posición del vehículo a lo largo de su trayecto.
4. Procedimiento de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la instrucción de retorno de fuerza (F_C) se calcula como la suma de una primera instrucción calculada para generar la primera señal háptica y una segunda instrucción calculada para generar la segunda señal háptica.
5. Procedimiento de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la limitación de la instrucción de retorno de fuerza (F_C) para evitar generar una fuerza de intensidad demasiado alta.
6. Procedimiento de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un parámetro contextual es una posición recomendada de la palanca.
7. Procedimiento de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la instrucción de retorno de fuerza (F_C) o un componente de la instrucción de retorno de fuerza (F_C) está configurado para generar al menos uno de los siguientes efectos:
 - un efecto de muesca alrededor de al menos una posición de referencia estable, generando la instrucción una fuerza de restauración hacia la posición de referencia estable en una zona de muesca ubicada alrededor de la posición estable;
 - un efecto de muesca alrededor de una posición neutral que corresponde a una ausencia de tracción y una ausencia de frenado, generando la instrucción una fuerza de restauración hacia la posición neutral en una zona neutral de muesca ubicada alrededor de la posición estable;
 - un efecto de muesca para alcanzar y salir de una posición de frenado de emergencia, generando la instrucción una fuerza de restauración que se opone al alcance de la posición de frenado de emergencia, y a continuación, una vez que se alcanza la posición de frenado de emergencia, una fuerza de restauración que hay que superar para abandonar la posición de frenado de emergencia;
 - un efecto de hendidura, comprendiendo la palanca una serie de posiciones estables, generando la instrucción una fuerza de restauración que lleva la palanca a cada posición estable cuando la palanca se mueve a la posición estable siguiente o anterior.
8. Procedimiento de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la instrucción de retorno de fuerza (F_C) está configurada para generar una fuerza de restauración solo desde una posición de referencia que es una función del parámetro contextual.
9. Procedimiento de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la instrucción de retorno de fuerza (F_C) está configurada para generar un efecto de dentado, generando la instrucción una fuerza de restauración que oscila regular o aleatoriamente alrededor de un valor de referencia.
10. Procedimiento de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la determinación de una instrucción de alerta, y el cálculo de retorno de fuerza en función además de la instrucción de alerta de manera que se genera una señal háptica de alerta.
11. Procedimiento de control según la reivindicación 10, que comprende la determinación de la instrucción de alerta en función de una señal suministrada por un sensor de fuerza dispuesto en la palanca.

12. Manipulador (2) de conducción de un vehículo ferroviario con retorno de fuerza, para controlar la tracción y/o el frenado del vehículo ferroviario, comprendiendo el manipulador (2) una palanca (12) que maneja el conductor, al menos un sensor para medir al menos un parámetro dinámico de la palanca, al menos un actuador (20) configurado para ejercer una fuerza sobre la palanca (12) y una unidad de control electrónica (24) configurada para la
5 implementación de un procedimiento de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

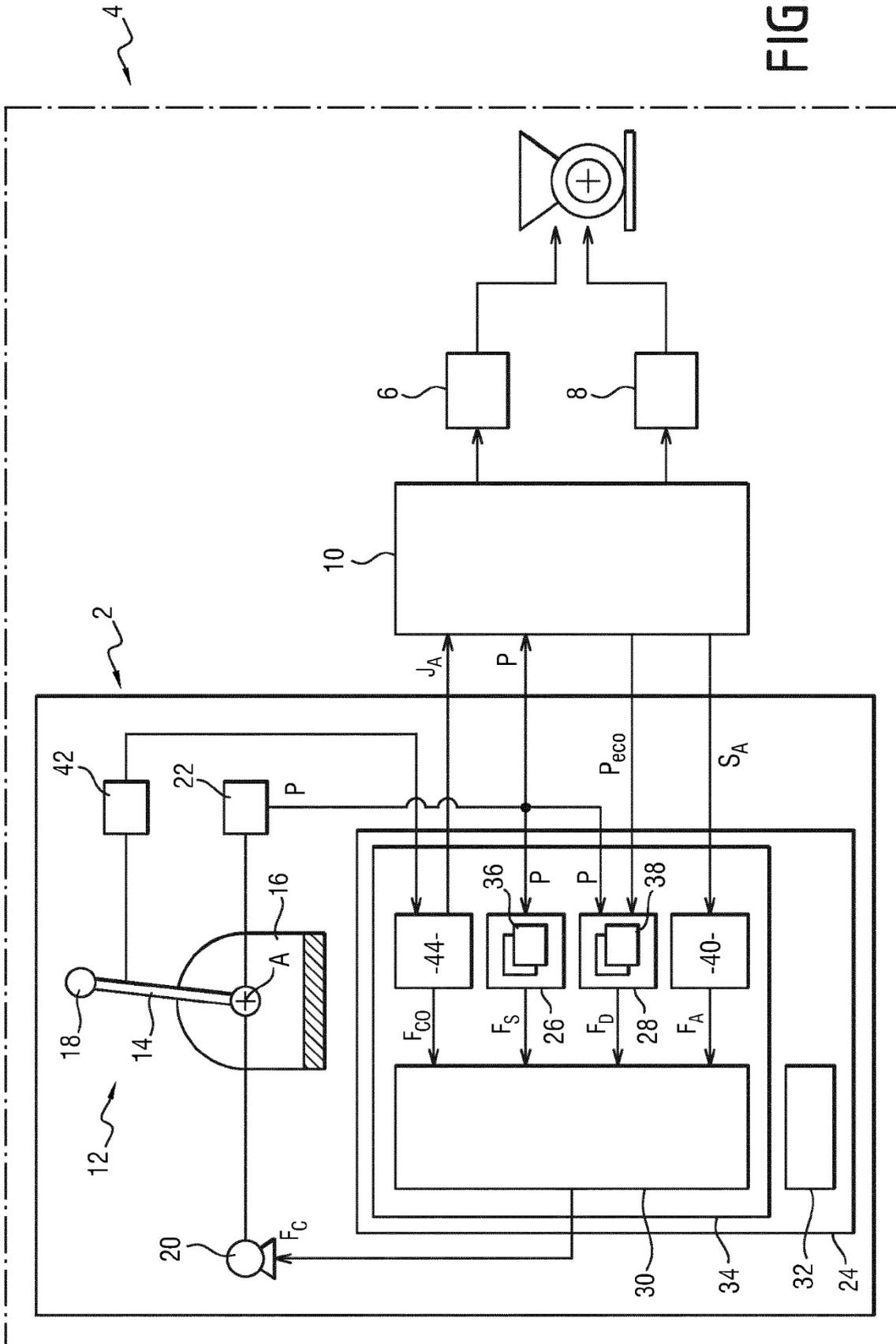


FIG.1

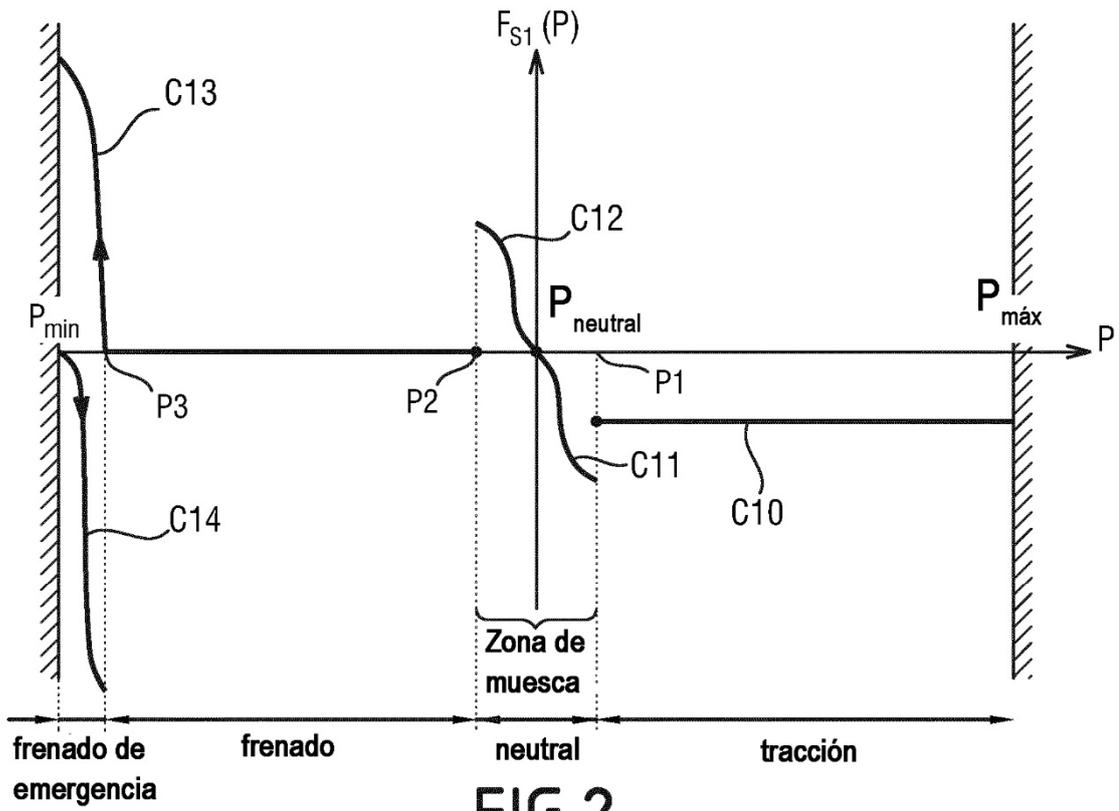


FIG. 2

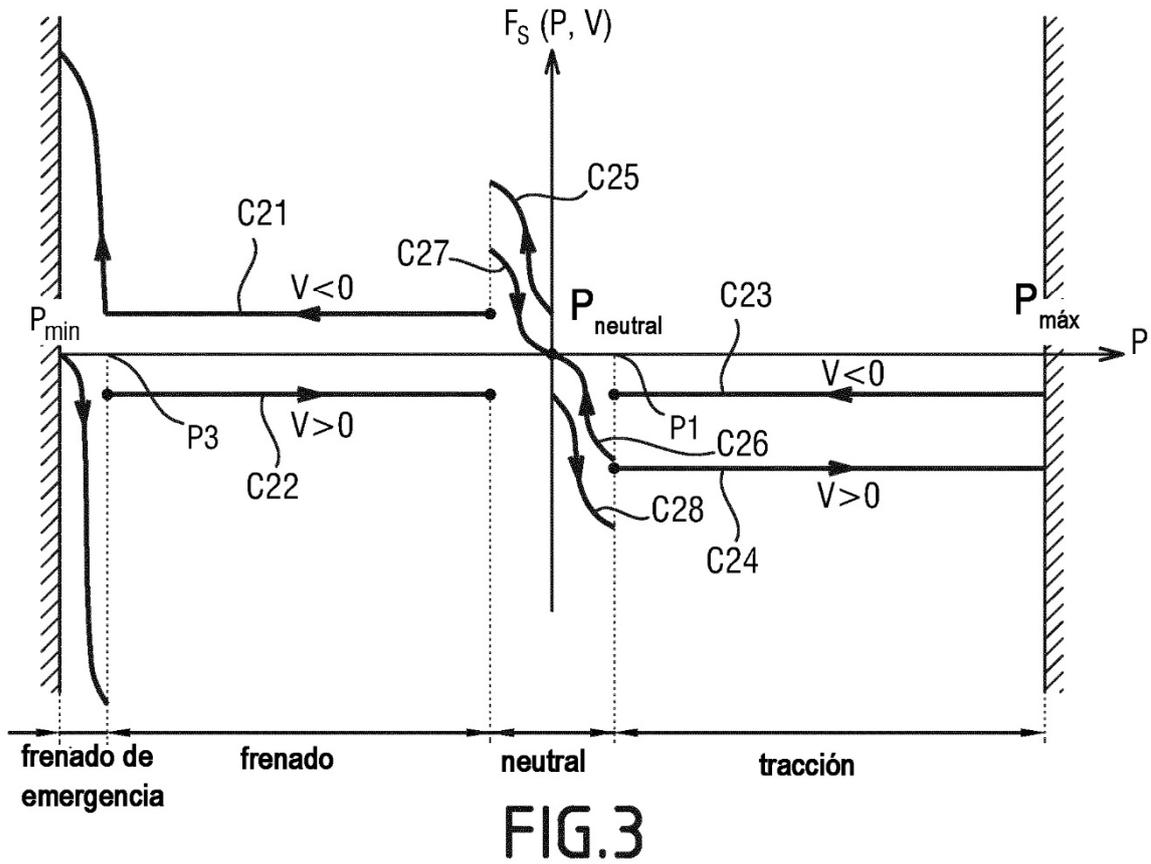


FIG. 3

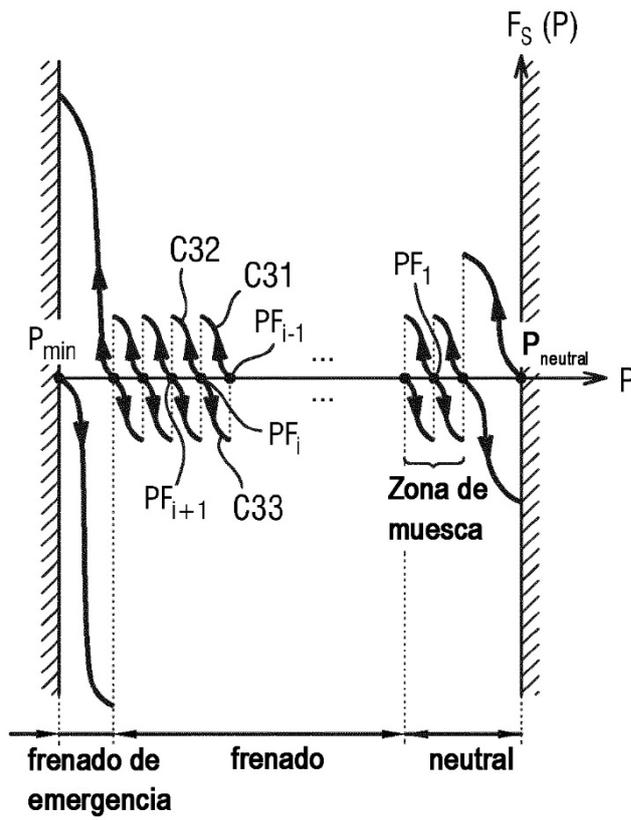


FIG.4

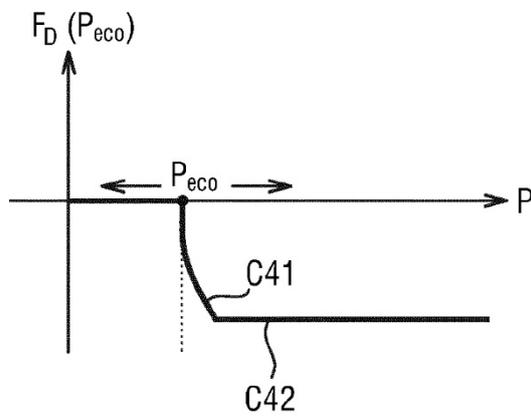


FIG.5

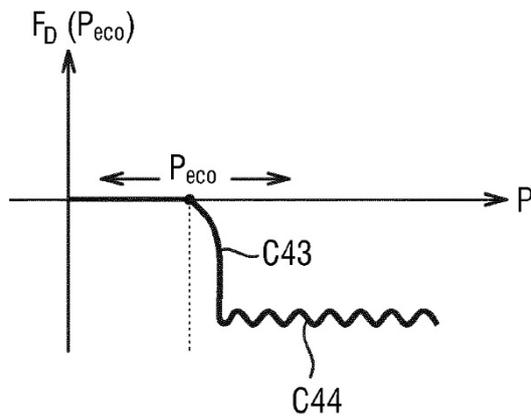


FIG.6

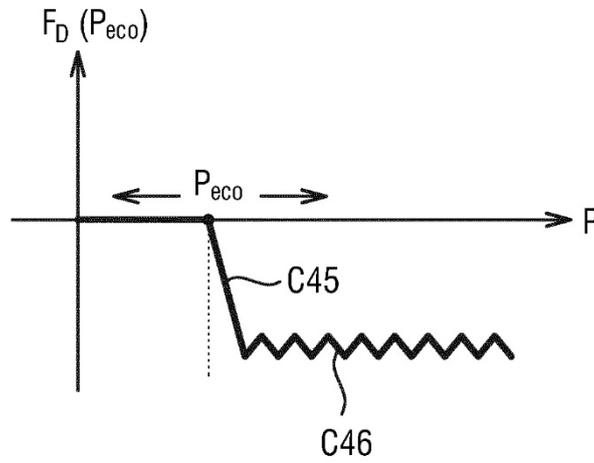


FIG. 7

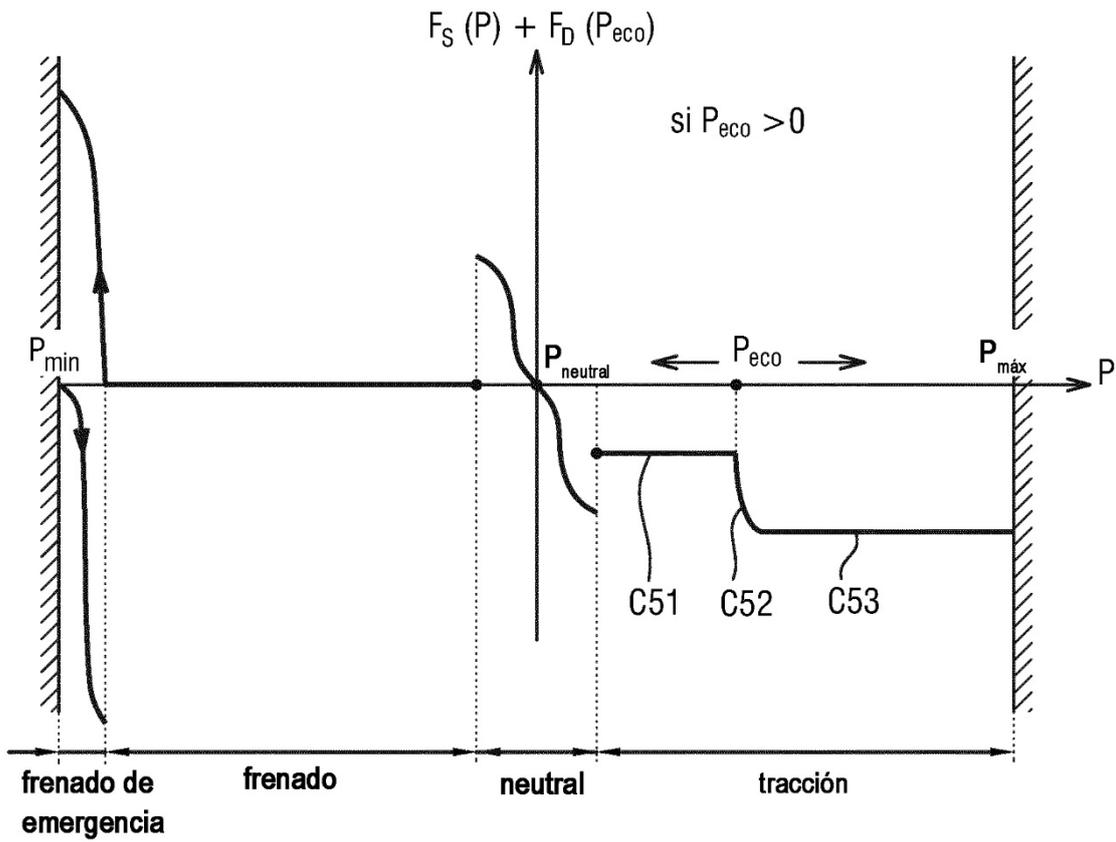


FIG. 8

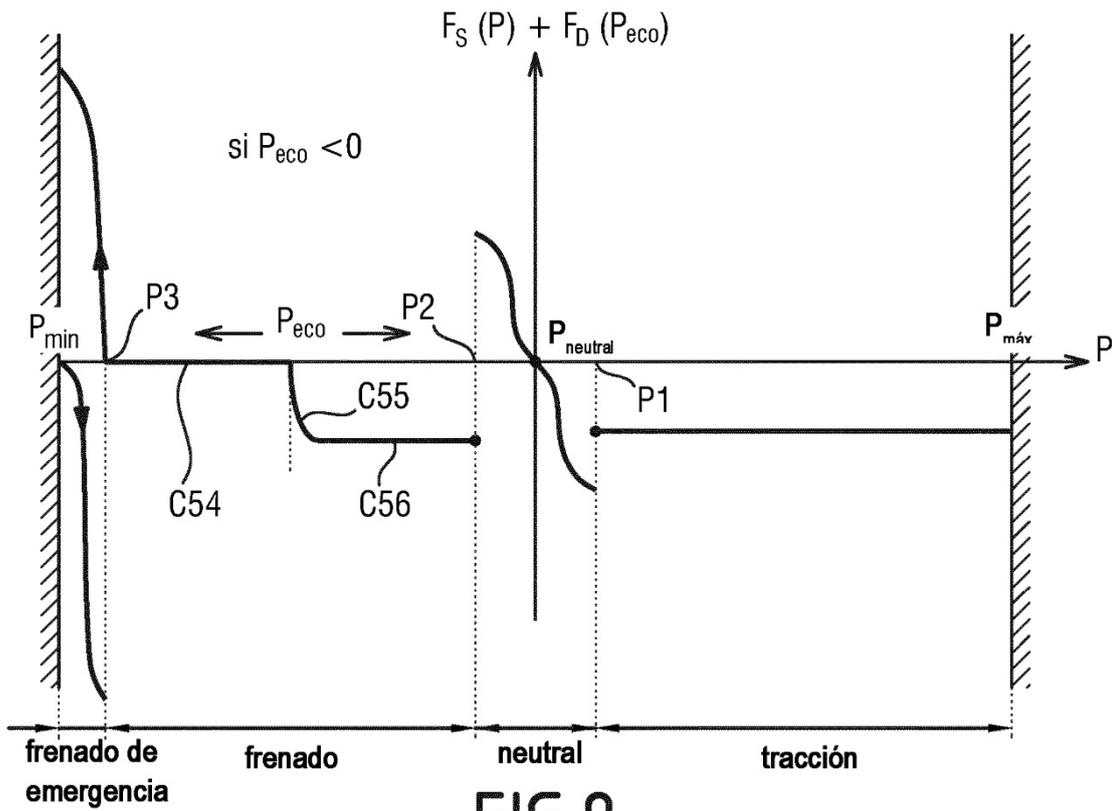


FIG. 9

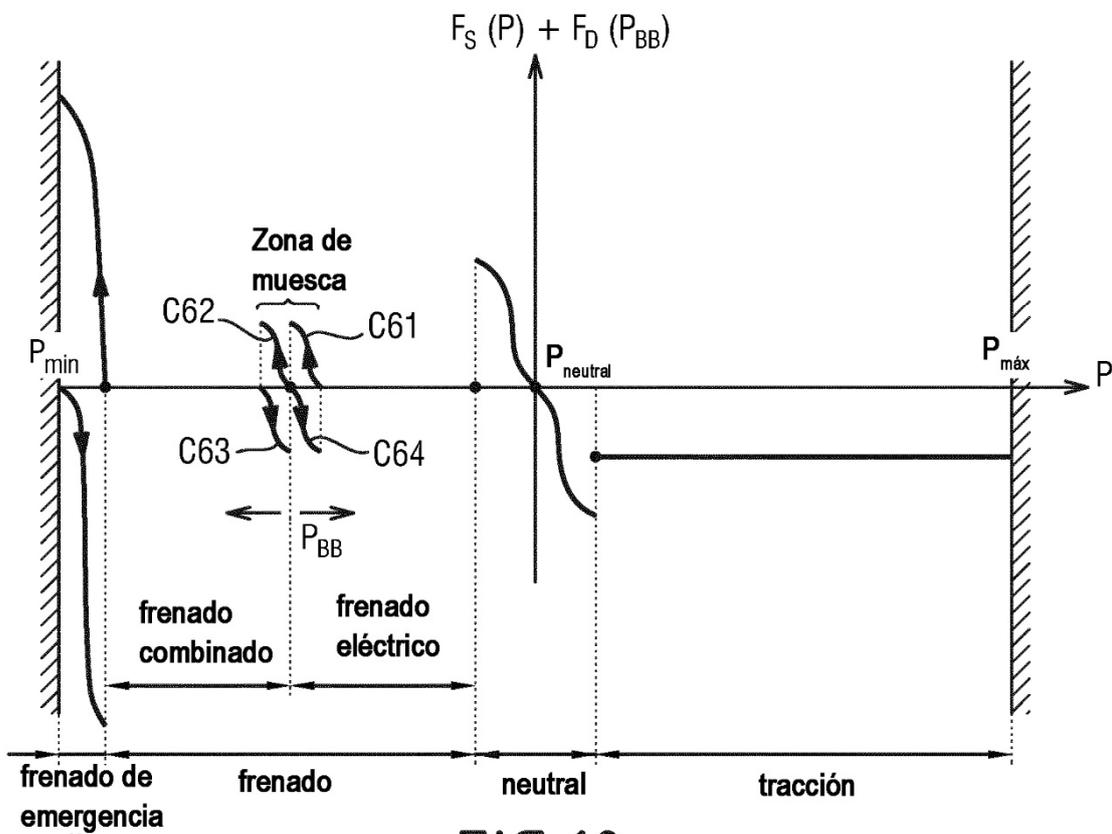


FIG. 10