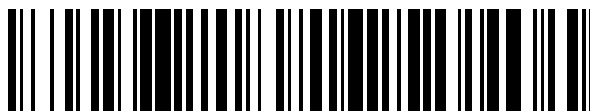


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 873 174**

51 Int. Cl.:

B62K 3/00 (2006.01)

B62M 6/45 (2010.01)

B62M 6/50 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.10.2015 PCT/IB2015/057633**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16079614**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2015 E 15790276 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.03.2021 EP 3227170**

54 Título: **Sistema para controlar el movimiento de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo**

30 Prioridad:

18.11.2014 IT MI20141985

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2021

73 Titular/es:

**ZEHUS S.P.A. (100.0%)
Via Pola 11
20124 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**CORNO, MATTEO;
SAVARESI, SERGIO MATTEO;
LISANTI, PAOLO;
ALLI, GIOVANNI y
BUSNELLI, FABIO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 873 174 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

Sistema para controlar el movimiento de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema para controlar el movimiento de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo. El término "vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo" significa un vehículo operado por una fuerza motriz aplicada de manera discontinua por un usuario. Los vehículos de este tipo son, por ejemplo, motonetas de impulso y monopatines, los cuales son accionados por empujes discontinuos y, por lo tanto, sustancialmente impulsivos, en general ejercidos por un pie de usuario. Dichos vehículos son, por ejemplo, diferentes de las bicicletas debido a que estas últimas funcionan ejerciendo un torque sustancialmente continuo por parte del usuario.

15 Específicamente, la presente invención se refiere a vehículos de propulsión humana de tipo impulsivo provistos de medios de asistencia al movimiento, en otras palabras, medios adaptados para suministrar una fuerza motriz auxiliar además de la suministrada por el usuario, por ejemplo por un motor auxiliar.

Aunque la presente descripción se enfoca en vehículos terrestres, el sistema puede encontrar una aplicación también en vehículos de propulsión humana de tipo impulsivo de un tipo diferente, tal como por ejemplo botes de remos.

20 Técnica antecedente

Recientemente, los vehículos de propulsión humana de tipo impulsivo provistos de motores auxiliares han encontrado una aceptación cada vez mayor, principalmente debido a la congestión de las carreteras y los problemas ambientales los cuales han llevado a la demanda de vehículos alternativos, preferiblemente de bajo coste y de bajo impacto ambiental.

Por ejemplo, se conocen motonetas de impulso provistas de un motor eléctrico auxiliar que suministra una potencia motriz además de la potencia suministrada por el usuario. La operación del motor suele ser controlada por el usuario a través de dispositivos de interfaz, tales como palancas o perillas.

Desafortunadamente, dichos vehículos tienen un comportamiento inusual con respecto al comportamiento que tendrían sin los motores auxiliares. Además, la presencia de los dispositivos de interfaz para controlar el vehículo puede distraer al usuario que conduce.

35 El documento WO 2012/163789, el cual muestra las características del preámbulo de la reivindicación 1, describe un sistema para controlar el movimiento de un vehículo (100) de propulsión humana de tipo impulsivo, particularmente una motoneta de impulso, en donde se detecta la presencia/ausencia de un empuje del usuario, y con base en dicha detección, se activa/desactiva un motor eléctrico que controla las ruedas motrices de la motoneta de impulso. La determinación de la presencia/ausencia del empuje del usuario se basa en la gráfica de velocidad detectada del vehículo, particularmente asumiendo que, después de un pico de velocidad debido al empuje, hay una desaceleración repentina, determinada por la interrupción del mismo empuje. Sin embargo, dicho principio para determinar la presencia/ausencia del empuje, con base en la gráfica de velocidad, puede conducir a suposiciones erróneas cuando se produce una gráfica de velocidad análoga por causas diferentes al empuje, tales como por ejemplo variaciones repentinas de la pendiente de la trayectoria, montículos, etcétera, con el riesgo de encender el motor a través del sistema también en los casos en donde esto no ocurriera.

Resumen de la invención

50 Por tanto, el problema, del cual surge la presente invención, es proporcionar un sistema para controlar el movimiento de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo, de modo que, cuando esté asociado al vehículo, este último, a pesar de la provisión de actuadores auxiliares que reducen el esfuerzo del usuario, tiene un comportamiento similar al que tendría el vehículo sin dicho sistema, haciendo superfluos los dispositivos de interfaz que comandan el propio vehículo por parte del usuario durante la operación. Un problema adicional, del cual surge la presente invención, consiste en poner a disposición un sistema para controlar el movimiento de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo el cual sea lo suficientemente fuerte como para impedir operar los actuadores auxiliares en circunstancias erróneas, con el riesgo de comportamientos inusuales del propio vehículo.

Dicho problema se resuelve mediante un sistema para controlar el movimiento de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo de acuerdo con la reivindicación 1.

60 Las reivindicaciones dependientes definen posibles formas de realización ventajosas de la invención.

65

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de comprender mejor la invención y apreciar las ventajas de la misma, a continuación se describirán algunas realizaciones de ejemplo no limitantes de la invención con referencia a las figuras adjuntas, en donde:

5 La Figura 1 es una vista esquemática de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo de un sistema de acuerdo con la invención;

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema para controlar el movimiento de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo de acuerdo con una posible realización de la invención;

10 La Figura 3 ilustra una posible tendencia de la velocidad v del vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo equipado con un sistema de acuerdo con la invención, y del empuje F_k estimado del usuario como una función del tiempo t ;

15 La Figura 4 ilustra una posible comparación entre la velocidad v cuando se arranca el vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo equipado con un sistema de acuerdo con la invención, y el mismo vehículo sin dicho sistema, siendo todas las condiciones iguales durante el tiempo t ;

20 La Figura 5 ilustra una posible comparación entre la velocidad v de un vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo equipado con un sistema de acuerdo con la invención, y el mismo vehículo sin dicho sistema, siendo todas las condiciones iguales durante el tiempo t .

Descripción detallada de la invención

25 La Figura 1 muestra esquemáticamente un vehículo 100 de propulsión humana de tipo impulsivo con un usuario 200 en el mismo vehículo. El vehículo 100 que se muestra en la Figura 1 es una motoneta de impulso. Alternativamente, el vehículo 100 puede ser, por ejemplo, una patineta o un vehículo similar que se puede conducir mediante empujes impulsivos ejercidos por el pie del usuario. Alternativamente, el vehículo 100 puede ser, por ejemplo, una silla de ruedas accionada por empujes impulsivos ejercidos por el usuario sobre las ruedas del mismo, u otro vehículo de empuje impulsivo análogo accionado por la acción de los brazos. Alternativamente, el vehículo puede ser un vehículo del tipo no terrestre, por ejemplo, un bote de remos.

30 El vehículo 100 está provisto de un sistema 1 para controlar su movimiento, que se muestra por el diagrama de bloques en su posible realización de la Figura 2. El sistema 1 es adecuado para entregar una fuerza además del empuje humano proporcionado por el usuario 200 bajo condiciones predeterminadas, como se describirá mejor a continuación.

35 Con referencia nuevamente en la Figura 1, el sistema 1 comprende un motor 2 asociado a al menos una rueda 3 motriz del vehículo 100 (o un elemento de potencia diferente, por ejemplo un motor provisto de hélices en el caso de un vehículo no terrestre) para proporcionar potencia al mismo bajo condiciones predeterminadas. Evidentemente, diversas ruedas motrices, si están presentes, pueden asociarse al motor 2. Además, el sistema 1 comprende un sistema 4 de almacenamiento de energía que alimenta el motor 2 para que este último pueda producir potencia. Por ejemplo, el motor 1 puede comprender un motor eléctrico y el sistema 4 de almacenamiento de energía puede comprender una o más baterías. Alternativamente, el motor 2 y el sistema 4 de almacenamiento de energía pueden ser de un tipo diferente. Por ejemplo, el motor 1 puede comprender un motor de combustión interna y el sistema 4 de almacenamiento de energía puede comprender un tanque de combustible.

45 Además, el sistema 1 comprende un sensor 5 para detectar la velocidad v del vehículo, adecuado para generar una señal representativa de dicha velocidad. Por ejemplo, el sensor 5 de velocidad se puede asociar a una rueda del vehículo, por ejemplo, a las ruedas 3 motrices. Mediante la velocidad de rotación de la rueda, es posible determinar la velocidad v longitudinal del vehículo, es decir, la velocidad a lo largo del eje x de un sistema de eje x - y integral con el vehículo 100, de acuerdo con lo que se muestra en la Figura 1.

50 Además, de acuerdo con una posible realización, el sistema 1 comprende una unidad 6 de medición inercial adecuada para medir al menos la aceleración longitudinal del vehículo (en otras palabras, la aceleración de acuerdo con el eje x de la Figura 1, como se describió anteriormente) y para generar una señal representativa del mismo.

55 De acuerdo con una posible realización, además el sistema 1 comprende un sensor (no se muestra en las figuras) para detectar la pendiente ϑ de la trayectoria por la cual se desplaza el propio vehículo, adecuado para generar una señal representativa de la pendiente. La pendiente ϑ viene dada por el ángulo entre el eje x en la Figura 1, integral con el vehículo, y el eje x de un sistema absoluto que no se muestra en las figuras, por lo que ϑ es cero cuando los dos ejes x coinciden.

60 Alternativamente, la unidad 6 de medición inercial puede sustituir la función del sensor de pendiente, el cual para este fin se puede disponer adicionalmente para detectar al menos también la aceleración vertical del vehículo 100 (es decir, la aceleración de acuerdo con el eje y del sistema de ejes que se muestra en la Figura 1) y para generar una señal representativa de la aceleración vertical.

65

Con referencia ahora a la Figura 2, se muestra un diagrama de bloques ilustrativo del sistema 1 de acuerdo con una posible realización de la invención.

5 El sistema 1 comprende un módulo 7 para controlar un torque T' motriz principal del motor 2 eléctrico asociado al vehículo 100 con base en la velocidad v efectiva del mismo. Específicamente, la velocidad v efectiva del vehículo puede obtenerse a partir de la señal representativa de la velocidad del vehículo generada por el sensor 5 de velocidad. Como se ilustrará a continuación, preferiblemente el módulo 7 de control realiza un control de circuito cerrado de la velocidad del vehículo, actuando sobre el torque T' principal.

10 Además, el sistema 1 comprende un módulo 8 para estimar la presencia o ausencia de un empuje F_k del usuario. Por ejemplo, con referencia a una motoneta de impulso, el módulo 8 es capaz de determinar si el usuario está ejerciendo un empuje con su pie para hacer que la motoneta de impulso avance. El módulo 8 está conectado al módulo 7 para controlar el torque de accionamiento principal, y está configurado para suministrar:

15 - una señal de activación (normalmente indicada por la señal 1 en la Figura 2) al módulo 7 que controla el torque T' principal cuando se estima la ausencia del empuje F_k del usuario;

- una señal de desactivación (normalmente indicada con la señal 0 en la Figura 2) al módulo 7 que controla el torque T' principal, cuando se estima la presencia del empuje F_k del usuario.

20 Dicho principio de control hace que, después de la aplicación del empuje F_k del usuario, es decir, cuando el empuje se determina como cesado y por lo tanto ausente, el módulo 7 que controla el torque T' principal comience a funcionar de tal modo que el motor 2 suministre dicho torque T' principal a la rueda 3 motriz. Como se describirá a continuación, el torque T' principal se suministra preferiblemente en un modo no impulsivo. En cambio, cuando el módulo 8 determina que el empuje F_k del usuario está en curso, el control del torque T' principal por el módulo 7 se desactiva y, por lo tanto, el torque T' es preferiblemente igual a cero.

25 El módulo 8 de estimación de empuje se puede configurar de manera diferente debido a que el empuje se puede determinar de acuerdo con una pluralidad de modos. En particular, el módulo 8 de estimación de empuje recibe, en la entrada, al menos una señal representativa de la aceleración A_x longitudinal del vehículo. Esta última señal puede ser suministrada al módulo 9 para determinar la aceleración longitudinal del vehículo, configurado, por ejemplo, para determinar la aceleración infiriendo la velocidad, conocida a partir de la señal representativa de la velocidad longitudinal suministrada por el sensor 5 de velocidad. Alternativamente, si está presente una unidad 6 de medición inercial, es posible obtener dicha señal que representa la aceleración A_x longitudinal a partir de una señal A_{XIMU} de aceleración longitudinal medida generada por la propia unidad 6 de medición inercial, preferiblemente previamente procesada por el propio módulo 9, como se explicará mejor a continuación.

30 Además, el módulo 8 de estimación de empuje recibe, en la entrada, preferiblemente la señal representativa de la velocidad v suministrada por el sensor 5 de velocidad.

40 Además, el módulo 8 de estimación de empuje puede recibir opcionalmente, en la entrada, una señal representativa de la pendiente ϑ de la trayectoria si el sistema está provisto con el sensor de pendiente correspondiente.

45 Además, el módulo 8 puede relacionar el empuje del usuario con la masa M total del vehículo y el usuario. Dicho parámetro se puede determinar de forma fija, de forma predeterminada o alternativamente, se puede determinar mediante un módulo de determinación de la masa del vehículo + masa del usuario, que no se muestra en las figuras.

50 Además, el módulo 8 puede relacionar su estimación del empuje del usuario con una señal que representa la fuerza motriz F_{mot} ejercida por el motor 2. Dicho parámetro es conocido y se puede obtener a partir del torque motriz suministrado por el motor, el cual está controlado por el propio sistema, por ejemplo por la corriente que alimenta el motor si este último es eléctrico.

55 De acuerdo con una posible realización, el sistema 1 comprende además un módulo 10 amplificador de empuje adaptado para generar un comando T'' de torque auxiliar el cual debe ser suministrado por el motor además del torque T' principal, el cual en cambio es comandado por el módulo 7. El torque T' total suministrado por el motor viene dado por la suma del torque T' principal, comandado por el módulo 7, y el torque T'' auxiliar, comandado por el módulo 10 amplificador de empuje. Dicho módulo 10 opcional tiene la función de cambiar parcialmente la tendencia del vehículo generada por la contribución combinada del empuje humano y el torque T' principal en las diferentes etapas de movimiento. Por ejemplo, el módulo 10 amplificador de empuje puede requerir al motor un torque adicional en presencia de mejoras de trayectoria, y/o puede amplificar el efecto del empuje F_k en un período de tiempo cuando este se suministra. Por lo tanto, el módulo 10 amplificador de empuje puede recibir opcionalmente, en la entrada, la señal representativa de la pendiente ϑ de la trayectoria, si el sensor correspondiente está disponible, y la señal representativa del empuje F_k del usuario determinada por el módulo 8. La cantidad de amplificación de torque puede ser ajustada por el usuario regulando uno o más parámetros operativos del propio módulo 10. Tradicionalmente, dichos parámetros se indican mediante el parámetro k en la Figura 2, el cual indica solo un parámetro ajustable por el usuario. El ajuste del parámetro k puede realizarse mediante un dispositivo de interfaz de usuario (no se muestra) o alternativamente

mediante un teléfono celular o teléfono inteligente, conectable al sistema 1 mediante un módulo de comunicación que no se muestra en las Figuras.

Ahora, se dará una descripción detallada de las realizaciones preferidas de los módulos individuales del sistema 1.

5

Módulo 7 para controlar el torque T' principal del motor

Ventajosamente, el módulo 7 para controlar el torque T' motriz del motor comprende un módulo 11 que genera la velocidad de referencia v_{ref} y un módulo 12 que controla la velocidad del vehículo mediante un circuito cerrado.

10

El módulo 11 genera la velocidad de referencia v_{ref} la cual debe seguir el vehículo con la mayor precisión posible siguiendo el empuje aplicado por el usuario. La gráfica de velocidad de referencia v_{ref} se puede seleccionar de diversas formas diferentes. Preferiblemente, la velocidad de referencia v_{ref} es tal que sea igual a la velocidad v efectiva detectada por el sensor 5 de velocidad en el instante cuando el módulo 7 de control de torque principal es activado por el módulo 8. De esta manera, el motor eléctrico comienza a operar gradualmente, evitando aceleraciones repentinas del vehículo. Ventajosamente, para ello, el módulo 11 de generación de la velocidad de referencia v_{ref} recibe, a la entrada, la señal representativa de la velocidad v del vehículo.

15

La velocidad de referencia v_{ref} puede definirse como una curva que disminuye gradualmente con el tiempo a partir de la velocidad v efectiva detectada en el momento de activación del módulo 7 de control, con el fin de simular una condición de fricciones limitadas para el movimiento del vehículo.

20

El diagrama de tiempo (t) - velocidad (v) de la Figura 4 muestra una comparación entre la velocidad de referencia v_{ref} en caso de que el módulo de control esté activado (curva 13) y la velocidad efectiva del vehículo en caso de que el módulo de control no esté activado (curva 14) en un intervalo de tiempo del vehículo en movimiento a partir de un arranque parado. Inicialmente, en el período de tiempo en donde el usuario aplica el empuje F_k , las dos curvas coinciden a partir del instante en donde se ha desactivado el módulo de control. Después de dicho intervalo de tiempo, en caso de que el vehículo no cuente con el módulo de control o en caso de que el módulo de control esté desactivado, la curva de velocidad presenta una tendencia variable la cual puede depender por ejemplo, del desnivel del terreno o de la presencia de bajadas y subidas. Por el contrario, la velocidad de referencia, definida en la figura como decreciente gradualmente, es independiente de las condiciones efectivas encontradas por el vehículo durante su trayectoria.

25

30

Alternativamente, la velocidad de referencia v_{ref} se puede seleccionar como una curva que aumenta gradualmente, con el fin de simular un comportamiento del vehículo a lo largo de una bajada.

35

De acuerdo con modelos más sofisticados, la tendencia de la velocidad de referencia v_{ref} no se determina de forma fija, sino que puede cambiar como una función de las condiciones efectivas encontradas por el vehículo durante su movimiento. Por ejemplo, es posible generar una velocidad de referencia v_{ref} simulando, y simultáneamente reduciendo el esfuerzo del conductor, la presencia de bajadas y subidas, con el fin de proporcionar al vehículo un comportamiento lo más natural posible. Para ello, la velocidad de referencia v_{ref} se puede determinar como una función de la señal representativa de la pendiente ϑ de la trayectoria, generada por el sensor de pendiente correspondiente o de la señal representativa de la aceleración A_x longitudinal (o también posiblemente de la aceleración vertical) A_y , si se proporcionan los sensores asociados.

40

Ventajosamente, el módulo 12 de control de velocidad de circuito cerrado modula el torque T' principal del motor de tal modo que el vehículo seguirá la velocidad de referencia v_{ref} generada por el módulo 11 de generación de velocidad de referencia. Por ejemplo, el módulo 12 puede comprender un controlador PID o, alternativamente, controladores más sofisticados, por ejemplo, controladores de lógica difusa. El módulo 12 recibe, en la entrada, una señal representativa de la diferencia Δv entre la velocidad v longitudinal efectiva del vehículo, medida por el sensor 5 de velocidad, y la velocidad de referencia v_{ref} generada por el módulo 11, y determina el torque T' principal de tal modo que dichas velocidades tienden a coincidir entre sí.

50

Módulo 9 para determinar la aceleración A_x longitudinal

El módulo 9 de determinación de la aceleración A_x longitudinal tiene la función de generar una señal representativa de la aceleración A_x longitudinal del vehículo y puede configurarse de manera diferente de acuerdo con los sensores disponibles en el sistema.

55

En caso de que la unidad 6 de medición inercial no esté presente, el módulo 9 puede configurarse para determinar la aceleración A_x longitudinal del vehículo a partir de la señal representativa de la velocidad v longitudinal del sensor 5 de velocidad, derivando la propia velocidad. Preferiblemente, el módulo 5 comprende, en este caso, un filtro de paso alto para filtrar la señal del sensor de velocidad.

60

En el caso de que se disponga de la unidad 6 de medición inercial, la señal representativa de la aceleración A_x proporcionada por esta última, se puede utilizar directamente, en la entrada, en los otros módulos, de acuerdo como se ha descrito anteriormente. En dicho caso, el módulo 9 no realiza ningún procesamiento de la señal.

65

Alternativamente, de manera preferible, el módulo 9 comprende un filtro, aún más preferiblemente un filtro complementario. De esta manera, mediante la señal representativa de la aceleración A_{XIMU} longitudinal medida de la unidad 6 de medición inercial, se obtiene la señal representativa de la aceleración A_x longitudinal la cual es utilizada, a la entrada, por los otros módulos del sistema.

5 Módulo 8 para determinar el empuje del usuario

El módulo 8 está configurado para determinar la presencia o ausencia del empuje F_k por parte del usuario. Al determinar la presencia o no de dicho empuje, el módulo 8 suministra una señal de desactivación o activación al módulo 7 para controlar el torque T' principal, en particular al módulo 11 de generación de velocidad de referencia.

Un posible principio para determinar dicho empuje F_k puede basarse en un equilibrio de las fuerzas que actúan sobre el vehículo 100, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$15 \quad M\dot{v} = -\eta(v) + F_k + F_{mot} - Mg \operatorname{sen}(\vartheta) \quad (1)$$

M es la masa de la unidad de vehículo del usuario. Como se dijo anteriormente, la masa se puede considerar como un parámetro fijo y conocido, conociendo la masa del vehículo a la cual se suma la masa de un usuario promedio.

20 Alternativamente, la masa M se puede calcular en un módulo de estimación de masa (no se muestra en las figuras) mediante algoritmos conocidos, por ejemplo mediante filtros de Kalman. Otros sistemas conocidos para determinar la masa M del vehículo a partir de señales representativas de magnitudes cinemáticas y/o dinámicas del vehículo se describen, por ejemplo, en los siguientes artículos:

25 - Xiaobin Zhang; Liangfei Xu; Jianqiu Li; Minggao Ouyang, "Real-Time Estimation of Vehicle Mass and Road Grade Based on Multi-Sensor Data Fusion", Conferencia sobre Potencia y Propulsión del Vehículo (VPPC), IEEE 2013, vol., no., pp. 1,7, 15-18 de Octubre de 2013

30 - Rhode, S.; Gauterin, F., "Vehicle mass estimation using a total least-squares approach", Sistemas de Transporte Inteligente (ITSC), 2012 15ª Conferencia Internacional IEEE, vol., no., pp.1584,1589, 16-19 de Septiembre de 2012

- Fathy, H.K.; Dongsoo Kang; Stein, J.L., "Online vehicle mass estimation using recursive least squares and supervisory data extraction," Conferencia de Control Americano, 2008, vol., no., pp. 1842, 1848, 11-13 de Junio de 2008

35 - doi: 10.1109/ACC.2008.4586760

- McIntyre, M.L.; Ghotikar, T.J.; Vahidi, A.; Xubin Song; Dawson, D.M., "A Two-Stage Lyapunov-Based Estimator for Estimation of Vehicle Mass and Road Grade", Tecnología Vehicular, Transacciones IEEE on, vol.58, no.7, pp.3177,3185, Septiembre de 2009

40 doi: 10.1109/TVT.2009.2014385

v es la aceleración del vehículo obtenible de acuerdo con los modos descritos anteriormente con referencia al módulo 9 para determinar la señal representativa de la aceleración A_x longitudinal del vehículo.

45 $\eta(v)$ es la denominada función de "descenso por inercia" del vehículo y representa el valor de las fricciones que actúan sobre los vehículos como una función de su velocidad longitudinal.

50 F_{mot} es la fuerza total del motor, la cual es un parámetro conocido porque, como se explicó anteriormente, el torque T total del motor se controla mediante los módulos 7 y 10, si están presentes.

55 $Mg \operatorname{sen}(\vartheta)$ es la contribución de la gravedad, en donde g es la aceleración gravitacional y ϑ es la pendiente de la trayectoria a lo largo de la cual se mueve el vehículo. Si el sistema no está provisto de un sensor adecuado para determinar la pendiente de la trayectoria, el término $Mg \operatorname{sen}(\vartheta)$ puede descartarse y la fórmula para calcular el empuje ejercido por el usuario se puede simplificar de la siguiente manera:

$$M\dot{v} = -\eta(v) + F_k + F_{mot} \quad (2)$$

60 El empuje F_k del usuario en un instante determinado se puede obtener invirtiendo la fórmula (1) o la fórmula (2).

Evidentemente, también se pueden ignorar el término de fricción $\eta(v)$ y/o la fuerza motriz F_{mot} . En tal caso, la estimación del empuje F_k será menos precisa.

65 Con referencia a la función de descenso por inercia $\eta(v)$, se puede determinar experimentalmente, por ejemplo, dejando que el vehículo se mueva libremente a lo largo de una bajada hasta que se detenga espontáneamente. De acuerdo con este enfoque, la función de descenso por inercia se define solo una vez y varía solo como una función

de la velocidad v del vehículo detectada. Sin embargo, dicho tipo de enfoque no considera algunos factores tales como la configuración de la carretera y/o el desgaste de los neumáticos, los cuales afectan la fricción y por lo tanto a dicha función, modificándola durante la operación del vehículo.

5 De acuerdo con un enfoque diferente, por lo tanto, la función de descenso por inercia se puede calcular de forma adaptativa durante la operación del vehículo, de tal modo que la estimación tome en cuenta la variación de las condiciones que provocan la fricción, de acuerdo con lo discutido anteriormente.

10 De acuerdo con este enfoque, dado que un vehículo de propulsión humana viaja a bajas velocidades, la contribución aerodinámica (que varía como el cuadrado de la velocidad) puede ignorarse, de tal modo que la fuerza de fricción como una función de la velocidad v se puede obtener mediante la relación:

$$n(v) = \beta v + \gamma \quad (3)$$

15 en donde β y γ son parámetros los cuales deben determinarse y variar durante la operación del vehículo.

Al introducir la fórmula (3) en la fórmula (1), asumiendo que hay una etapa en la cual el empuje F_k del usuario ha finalizado y, por lo tanto, el vehículo se mueve siguiendo la velocidad de referencia v_{ref} determinada por el módulo 11, la cual tiene baja aceleraciones y por tanto insignificantes, se obtiene:

$$20 \quad 0 = -\beta v - \gamma + F_{mot} - Mg \operatorname{sen}\vartheta \quad (4)$$

Se observa que en la fórmula (4) se asume que se conoce el término dependiente de la pendiente, por ejemplo porque se dispone de un sensor de pendiente. Sin dicho sensor, la fórmula (4) es:

$$25 \quad 0 = -\beta v - \gamma + F_{mot} \quad (5)$$

En este caso, el término pendiente desconocido se incluye en el término γ a determinar.

30 Las fórmulas (4) o (5) se pueden reescribir en una forma de matriz mediante la siguiente relación lineal:

$$Y = -[\beta \quad \gamma]X \quad (6)$$

35 en donde Y y X incluyen los términos conocidos (la fuerza motriz F_{mot} , la posible contribución gravitacional $Mg \operatorname{sen}\vartheta$, la velocidad v del vehículo).

Dicha ecuación, cuyas incógnitas son los parámetros β y γ variables en el tiempo, puede resolverse, por ejemplo, con el enfoque matemático conocido como "método de mínimos cuadrados". Dicho enfoque determina los parámetros β y γ en el instante k considerado como una función de los parámetros β y γ determinados en el instante $k-1$ anterior y también como una función de los parámetros conocidos medidos en el instante k (la fuerza motriz F_{mot} , la posible contribución gravitacional $Mg \operatorname{sen}\vartheta$, la velocidad v del vehículo).

40 Con el fin de impedir que las perturbaciones de la carretera, tales como montículos o frenadas del usuario, afecten a la estimación de la función del descenso por inercia, como se describe, se excluyen del cálculo de los datos obtenidos cuando la velocidad efectiva v del vehículo cae fuera de un rango predeterminado de la velocidad de referencia v_{ref} determinada por el módulo 11. En otras palabras, los datos detectados son aceptados si $v_{ref}-a < v < v_{ref} + b$, en donde a y b son constantes predeterminadas, a la vez que los datos obtenidos en el caso contrario están excluidos. En otras palabras, cuando la velocidad v cae en el rango, llamado velocidad de referencia, se activa la estimación de los parámetros β y γ , viceversa se desactiva y se mantiene la estimación en el instante anterior.

50 Ventajosamente, el módulo 8 está configurado para estimar la presencia del empuje F_k del usuario solo cuando el valor de empuje F_k determinado por ejemplo por los modos anteriores, excede un primer valor umbral predeterminado y para estimar la ausencia de dicho empuje F_k cuando el valor de empuje F_k cae por debajo de un segundo valor umbral predeterminado menor que el primer valor umbral. En consecuencia, la señal que activa el módulo 7 de control, en particular el módulo 11 de generación de velocidad de referencia, se emite cuando el valor determinado del empuje F_k cae por debajo del segundo valor umbral predeterminado. De manera análoga, la señal que desactiva el módulo 7 de control, particularmente el módulo 11 de generación de velocidad de referencia, se emite cuando el valor de empuje F_k determinado excede el primer valor de umbral predeterminado.

60 La discusión anterior se ilustra en la Figura 3, en donde una posible gráfica de velocidad del vehículo provisto con el sistema 1 (curva 15) y una posible gráfica del empuje F_k del usuario determinado por el módulo 8 (curva 16) se dibujan como una función del tiempo t . El primer valor umbral predeterminado de empuje se indica mediante la referencia 18', a la vez que el segundo valor umbral predeterminado se indica mediante la referencia 18".

La gráfica de empuje F_k tiene una tendencia impulsiva caracterizada por picos en los intervalos de tiempo en donde el usuario ejerce el empuje. En las longitudes 16' donde el empuje F_k excede el primer valor 18' umbral, el módulo 7 de control de torque principal se desactiva, y también la velocidad exhibe aceleraciones repentinas causadas por el empuje del usuario. En las longitudes 17' en donde, en cambio, el empuje F_k estimado vuelve a descender por debajo del segundo valor 18' umbral, el módulo 7 de control de torque principal se desactiva y la velocidad tiene una tendencia que tiende a seguir una velocidad de referencia la cual en el ejemplo que se muestra tiene una tendencia de disminución gradual.

Módulo 10 amplificador de empuje

El módulo 10 amplificador de empuje suministra un comando de torque T'' auxiliar el cual se suma al torque T' primario determinado por el módulo 7 de control. El módulo 10 está configurado para intervenir, en otras palabras, suministra el comando T'' de torque auxiliar, independientemente del módulo 7 de control. Por tanto, el módulo 10 puede intervenir tanto durante la etapa de empuje como cuando el usuario no aplica ningún empuje.

El torque T'' auxiliar se puede utilizar, por ejemplo, también durante la etapa transitoria cuando el usuario ejerce el empuje, y el módulo 7 está desactivado, con el fin de permitir que el vehículo alcance aceleraciones superiores a las que alcanzaría solo con el empuje del usuario. Por lo tanto, el torque T'' auxiliar se puede determinar:

- con base en el empuje F_k determinado por el módulo 8. Por ejemplo, el torque T'' secundario puede aumentar a medida que aumenta dicho empuje; y/o

- con base en la pendiente ϑ de la trayectoria, si está disponible el sensor para determinarla. Por ejemplo, si el empuje se ejerce cuando el vehículo avanza en una subida, el torque T'' puede proporcionar un soporte mayor que el que proporcionaría en una superficie nivelada.

Opcionalmente, como se ha discutido anteriormente, el torque T'' auxiliar se puede determinar además como una función de un parámetro k ajustable por el usuario. Por ejemplo, la modificación del parámetro k permite seleccionar si se elimina o aumenta la contribución del torque T'' auxiliar, siendo todas las condiciones iguales.

La Figura 5 muestra una comparación entre la velocidad de un vehículo sin el sistema de control de acuerdo con la invención (curva 19) y la velocidad de un vehículo provisto del sistema 1 de control siendo todas las condiciones iguales, sin embargo, el módulo 10 amplificador está ausente y por lo tanto no está presente la contribución del torque T'' auxiliar. Durante la etapa de empuje, la aceleración en ambos casos es la misma. En cambio, cuando el empuje está ausente, el sistema 1 de control permite extender la etapa de deceleración con respecto al caso sin el sistema de control. Por lo tanto, en correspondencia con cada etapa de empuje siguiente, se obtienen velocidades superiores a las sin control ya que las velocidades de arranque cuando se aplica el empuje son cada vez mayores.

En caso de que esté presente el módulo 10 amplificador, en general en correspondencia con cada etapa de empuje, las aceleraciones serán mayores y, por lo tanto, durante tales etapas la curva de pendiente de velocidad será mayor.

Un experto en la técnica, a partir de la descripción anterior, podría apreciar cómo el sistema de acuerdo con la invención permite proporcionar una asistencia al movimiento de un vehículo de tipo impulsivo sin requerir interfaces de usuario específicas. De hecho, el sistema es capaz de determinar la presencia o ausencia del empuje del usuario y es capaz de activar por lo tanto el control del motor. Esto de manera que el usuario pueda utilizar su vehículo sin preocuparse por intervenir en comandos particulares. Por lo tanto, el vehículo se puede conducir de una manera completamente similar al mismo vehículo sin dicho sistema. En consecuencia, a pesar de la asistencia, el conductor tiene la sensación de conducir un vehículo sin apoyos.

Dado que la presencia/ausencia de un empuje se determina como una función de un equilibrio de las fuerzas que actúan sobre el mismo vehículo, en lugar de un simple análisis de las gráficas de velocidad del vehículo, por ejemplo, el sistema es confiable y capaz de impedir activaciones erróneas, causadas por ejemplo por configuraciones particulares de la superficie de la carretera, las cuales podrían provocar aceleraciones y desaceleraciones repentinas.

Además, el sistema también es capaz de reconocer fuerzas negativas - y por lo tanto frenadas - y en consecuencia es capaz de gestionar la activación/desactivación sin requerir, por ejemplo, de sensores para medir el frenado.

A pesar de que en la presente descripción se ha hecho referencia a un torque motriz del motor, se observa que en el caso de motores de diferente tipo, por ejemplo motores lineales, el control se puede aplicar a la fuerza motriz del motor en lugar del torque motriz.

Un experto en la técnica, con el fin de satisfacer necesidades contingentes específicas, puede introducir diversas adiciones, modificaciones, o sustituciones de los elementos por otros operativamente equivalentes, a las realizaciones, sin salirse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (1) para controlar el movimiento de un vehículo (100) de propulsión humana de tipo impulsivo, que comprende:

- un motor (2) asociable a al menos un elemento motriz del vehículo (100), tal como una rueda (3) motriz, configurado para generar un torque/fuerza (T) motriz total;

- un sistema (4) de almacenamiento de energía a suministrar al motor (2);

- un sensor (5) para detectar la velocidad (v) longitudinal del vehículo (100) y configurado para generar una señal representativa de dicha velocidad longitudinal del vehículo (100);

- un módulo (7) para controlar una fuerza (T') de torque/motriz principal del motor (2) con base en al menos la señal representativa de la velocidad (v) longitudinal del vehículo (100);

- un módulo (9) para determinar la aceleración (Ax) longitudinal del vehículo y configurado para generar una señal representativa de la aceleración longitudinal del vehículo;

- un módulo (8) para estimar la presencia o ausencia de un empuje (F_k) por parte del usuario sobre el vehículo (100) con base en al menos dicha señal representativa de la aceleración (Ax) longitudinal del vehículo, configurada para suministrar al módulo (7) para controlar la fuerza (T') de torque/motriz principal una señal de activación cuando el usuario estima la ausencia del empuje (F_k);

caracterizado porque el módulo de estimación está configurado además para suministrar una señal de desactivación cuando se estima la presencia del empuje (F_k) por parte del usuario.

2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo además un sensor para detectar la pendiente ϑ de la trayectoria por la cual se mueve el vehículo, configurado para generar una señal representativa de dicha pendiente,

en donde el módulo (8) de estimación está configurado para estimar la presencia o ausencia del empuje (F_k) del usuario sobre el vehículo por un equilibrio de las fuerzas que actúan sobre el vehículo (100) calculadas de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$M\dot{v} = -\eta(v) + F_k + F_{mot} - Mg \operatorname{sen}(\vartheta)$$

en donde:

- \dot{v} es la aceleración del vehículo;

- M es la masa del vehículo;

- $\eta(v)$ es la función de descenso por inercia representativa de las fuerzas de fricción que actúan sobre el vehículo con base en dicha señal representativa de la velocidad longitudinal del vehículo;

- F_{mot} es la fuerza/torque (T) motriz total del motor;

- F_k es el empuje (F_k) del usuario que se va a calcular;

- $Mg \operatorname{sen}(\vartheta)$ es la contribución de la gravedad.

3. Sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo una unidad (6) de medición inercial configurada para detectar al menos la aceleración longitudinal del vehículo (100) y para generar una señal representativa de la aceleración (A_{XIMU}) longitudinal del vehículo medida, en donde dicho módulo (9) para determinar la aceleración (Ax) longitudinal del vehículo está configurado para generar dicha señal representativa de la aceleración (Ax) longitudinal del vehículo con base en la señal representativa de la aceleración (A_{XIMU}) longitudinal del vehículo medida o con base en la señal representativa de la velocidad (v) del vehículo.

4. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde dicha unidad (6) de medición inercial está configurada además para detectar la aceleración vertical del vehículo y para generar una señal representativa de la misma, implementando dicha unidad (6) de medición inercial un sensor para detectar la pendiente (ϑ) de la trayectoria por la cual se mueve el vehículo.

5. Sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo un módulo de estimación de la masa (M) total del vehículo (100) y del usuario (200), configurado para generar una señal representativa de dicha masa, en donde dicho módulo (8) para estimar la presencia o ausencia del empuje (F_k) por parte del usuario sobre el

vehículo (100) está configurado para estimar la presencia o ausencia del empuje (F_k) del usuario con base además en dicha señal representativa de la masa (M).

5 6. Sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en donde dicha función de descenso por inercia es una función predeterminada que correlaciona entre sí la velocidad (v) del vehículo (100) y la fuerza de fricción.

10 7. Sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en donde dicho módulo (8) para estimar la presencia o ausencia del empuje (F_k) del usuario sobre el vehículo (100) está configurado para estimar dicha función de descenso por inercia como una función de la velocidad (v) longitudinal del vehículo y la fuerza/torque (T) motriz total del motor.

15 8. Sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7 cuando depende de la reivindicación 2, en donde dicho módulo (8) para estimar la presencia o ausencia del empuje (F_k) del usuario sobre el vehículo (100) está configurado para estimar dicha función de descenso por inercia como una función de la velocidad (v) longitudinal del vehículo, de la fuerza/torque (T) motriz total del motor, y de la pendiente (ϑ) de la trayectoria.

20 9. Sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho módulo (7) de control de torque (T') principal comprende un módulo (11) para generar una velocidad de referencia (v_{ref}) con base al menos en la señal representativa de la velocidad (v) longitudinal del vehículo y un módulo (12) para un control en circuito cerrado de la velocidad del vehículo, configurado para determinar dicho torque/fuerza (T') principal con base en dichas señales representativas de la velocidad de referencia (v_{ref}) del vehículo y la velocidad (v).

25 10. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 9 cuando depende de la reivindicación 2, en donde dicho módulo (8) para estimar la presencia o ausencia del empuje (F_k) del usuario sobre el vehículo (100) está configurado para determinar dicha función de descenso por inercia además como una función de dicha velocidad de referencia (v_{ref}).

30 11. Sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho módulo (8) para estimar la presencia o ausencia del empuje (F_k) por parte del usuario sobre el vehículo (100) está configurado para estimar la presencia de dicho empuje (F_k) cuando el valor determinado del empuje excede un primer valor ($18'$) umbral, y para determinar la ausencia del empuje cuando el empuje determinado cae por debajo de un segundo valor ($18''$) umbral predeterminado menor que el primer valor ($18'$) umbral predeterminado.

35 12. Sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además un módulo (10) amplificador de empuje para controlar un torque/fuerza (T'') del motor auxiliar además de dicho torque/fuerza (T') principal, configurado para determinar dicho torque/fuerza (T'') auxiliar con base en al menos dicho empuje (F_k) determinado por el módulo (8) para estimar la presencia o ausencia del empuje (F_k).

40 13. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 12 cuando depende de la reivindicación 2, en donde dicho módulo (10) amplificador de empuje está configurado para determinar dicho torque/fuerza (T'') auxiliar además como una función de dicha señal representativa de la pendiente (ϑ).

45 14. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 13, en donde dicho módulo (10) amplificador de empuje está configurado para determinar dicho torque/fuerza (T'') auxiliar además como una función de un parámetro (k) ajustable por el usuario.

15. Vehículo de propulsión humana de tipo impulsivo que comprende al menos un elemento motriz, tal como una rueda (3) motriz, y un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

FIG.1

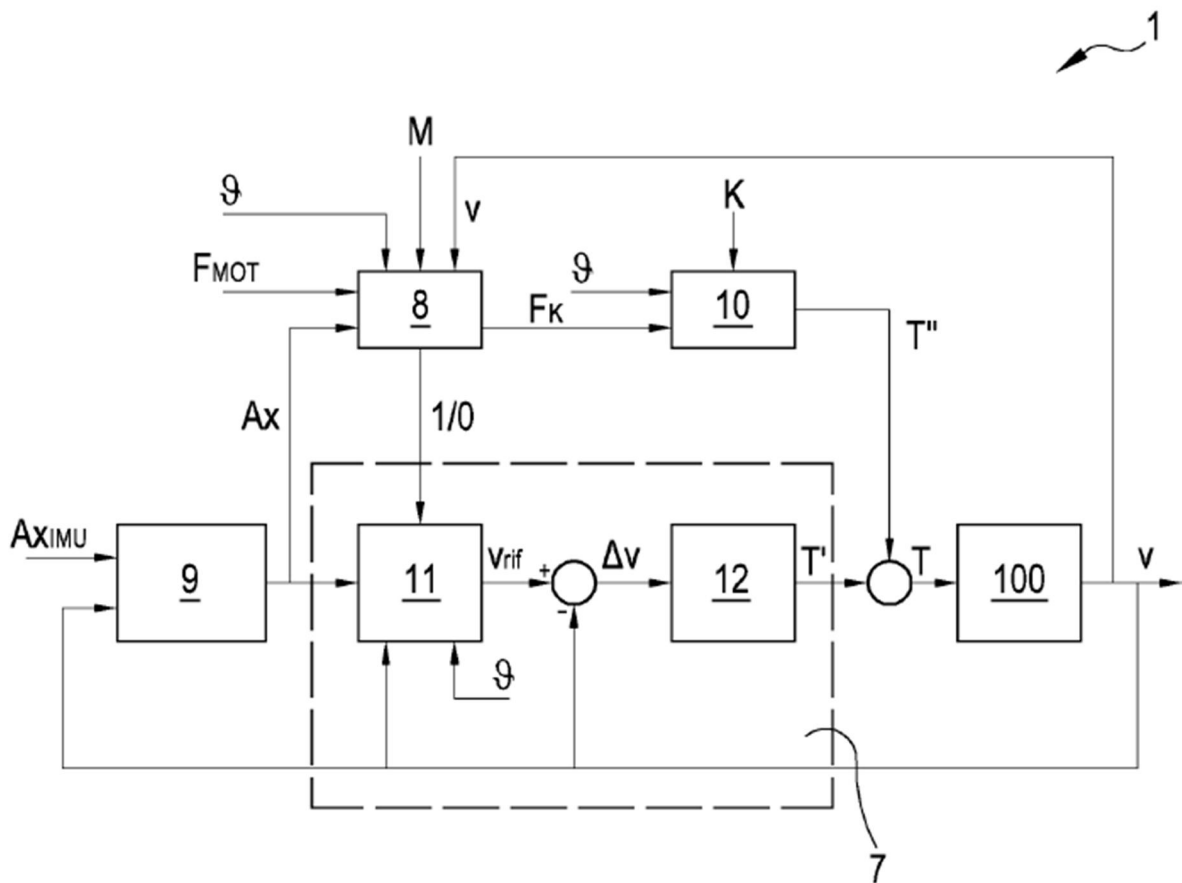
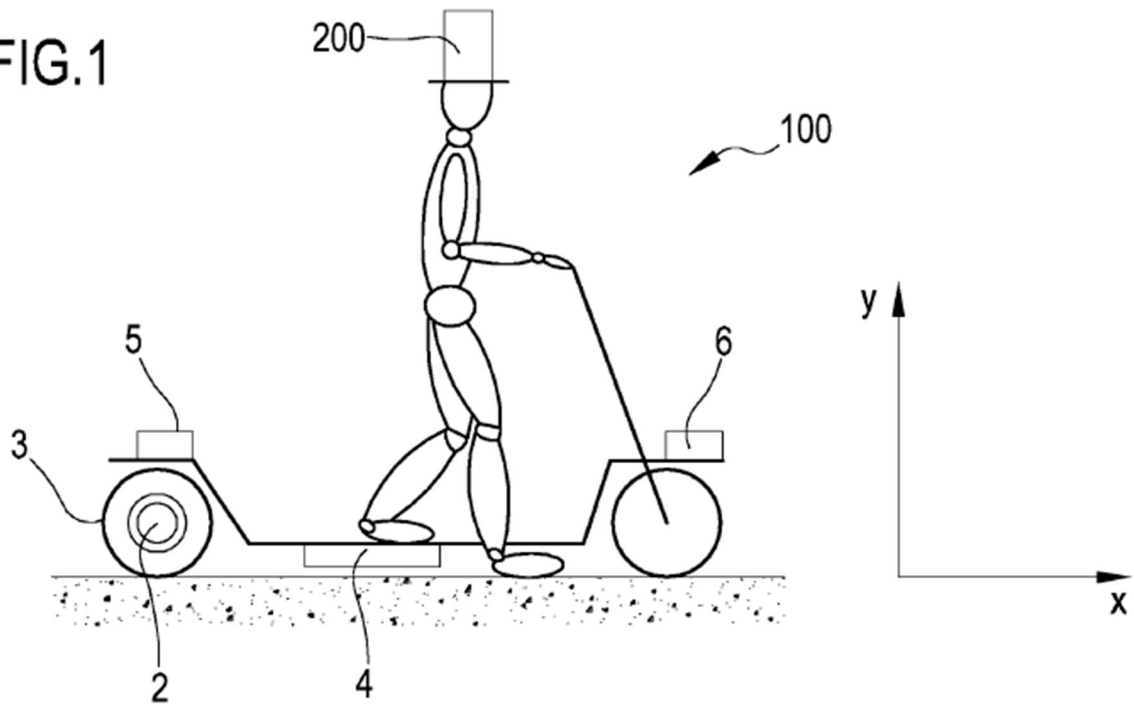


FIG.2

FIG.3

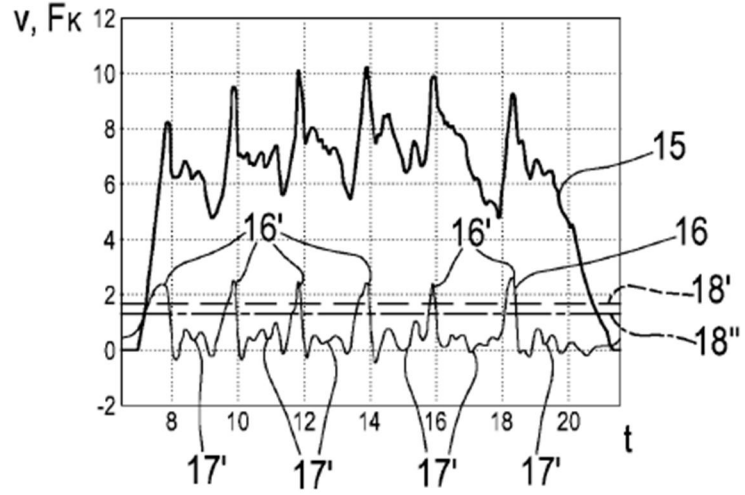


FIG.4

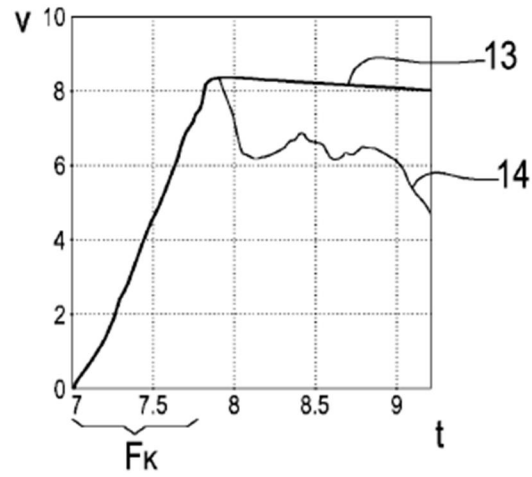


FIG.5

