

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 982**

51 Int. Cl.:

B60L 15/20 (2006.01)

B60T 8/24 (2006.01)

B60K 23/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.07.2007 PCT/GB2007/002720**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.06.2008 WO08065322**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2007 E 07766288 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 2086789**

54 Título: **Un sistema de control para controlar una disposición motriz para accionar de manera diferencial las ruedas izquierda y derecha de un vehículo motorizado**

30 Prioridad:

30.11.2006 GB 0623895

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

06.03.2019

73 Titular/es:

**PENNY & GILES CONTROLS LIMITED (100.0%)
15 Airfield Road, Christchurch
Dorset BH23 3TG, GB**

72 Inventor/es:

LEWIS, JASON DAVID

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 702 982 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

Un sistema de control para controlar una disposición motriz para accionar de manera diferencial las ruedas izquierda y derecha de un vehículo motorizado

5 La presente invención se refiere a un sistema de control para controlar una disposición motriz para accionar de manera diferencial las ruedas izquierda y derecha de un vehículo motorizado, en particular, pero no exclusivamente, una silla de ruedas con alimentación.

10 Una silla de ruedas con alimentación eléctrica tiene normalmente dos motores eléctricos accionados independientemente, uno para accionar una rueda izquierda de la silla de ruedas y el otro para accionar una rueda derecha de la silla de ruedas. La velocidad diferencial de estos motores controla la velocidad de avance y la velocidad de giro de la silla de ruedas.

15 Una silla de ruedas típica está provista de un dispositivo de entrada, generalmente un joystick de dos ejes, al cual un usuario aplica estímulos para generar señales de referencia de velocidad de avance y de velocidad de guiñada. Un módulo de control recibe las señales de referencia del dispositivo de entrada y procesa las señales para calcular las señales de referencia de velocidad del motor izquierdo y derecho que se comparan con las señales indicativas de las mediciones reales de las velocidades actuales del motor izquierdo y derecho. Las diferencias entre las señales de referencia de velocidad del motor y las señales de velocidad del motor reales se utilizan por un sistema de control de lazo cerrado para aplicar tensiones a los motores para accionar las ruedas para mantener la silla de ruedas a la velocidad y rumbo demandados por el usuario.

20 Un control de lazo cerrado de este tipo se logra generalmente mediante lo que se conoce como la técnica de compensación IR. La compensación IR es un método utilizado para compensar la caída en la velocidad de un motor debida a la caída de tensión en su resistencia de armadura (R) cuando la corriente (I) fluye en el devanado de armadura del motor. La compensación IR hace que el lazo de control de velocidad aumente la tensión del motor y la corriente del motor para estabilizar la velocidad del motor cuando aumenta la carga del motor. Si el término R se establece demasiado alto, el mecanismo de retroalimentación positiva inherente al método de compensación IR provoca un problema de control y el lazo de control se vuelve inestable.

25 Por ejemplo, a medida que se aplica carga al motor, el término IR sobrecompensado en el cálculo de retroalimentación de velocidad hace que el lazo de control de velocidad aumente la tensión del motor hasta un punto en que la velocidad y la corriente del motor se vean obligadas a aumentar. En consecuencia, el lazo de velocidad reacciona para aumentar aún más la tensión del motor, lo que aumenta aún más la velocidad y la corriente del motor. Este efecto descontrolado de la velocidad del motor provoca la inestabilidad de velocidad del lazo de velocidad cerrado del motor. Por lo tanto, no es posible compensar la resistencia total de la armadura del motor y esto conduce a un error en la señal de retroalimentación de velocidad que puede, bajo determinadas condiciones de accionamiento, afectar la capacidad de control de la silla de ruedas.

30 Hay varios problemas potenciales de control de la silla de ruedas que pueden resultar de anomalías en la compensación IR. Por ejemplo, al maniobrar a baja velocidad en espacios restringidos, si las cargas del motor de la silla de ruedas no se mantienen constantes, el usuario tendrá que hacer correcciones constantemente para mantener la silla de ruedas en el rumbo deseado variando el desplazamiento del joystick. Esto se debe que el error en la señal de retroalimentación de velocidad provocado por el término R bajo varía con la carga del motor y la única manera de mantener una velocidad constante es compensar este error variando la demanda de entrada. Esto dificulta las maniobras en espacios restringidos y abarrotados y, a menudo, provoca colisiones porque el usuario carece de un control a baja velocidad suficientemente preciso. Los ejemplos incluyen pasar por puertas estrechas, conducir por pasillos estrechos y atracar en una mesa. Estas maniobras son más difíciles cuando se conduce sobre superficies de alta fricción, como las alfombras.

35 Los problemas de control también pueden ocurrir cuando se conduce a altas velocidades de avance, porque cualquier carga asimétrica brusca de los motores derecho e izquierdo de la silla de ruedas tenderá a hacer que el motor con la carga decreciente se acelere y el motor con la carga creciente se desacelere, lo que da como resultado que la silla de ruedas se desvíe de su rumbo previsto.

40 Además, cuando se conduce una silla de ruedas a través de un peralte, la carga asimétrica de los motores derecho e izquierdo de la silla de ruedas hace que la silla de ruedas se desvíe hacia abajo del peralte a pesar de que el usuario demande conducir sobre él.

45 Además, cuando se conduce sobre obstáculos, la carga asimétrica de los motores de la silla de ruedas puede hacer que la silla de ruedas se desvíe bruscamente de la dirección de desplazamiento prevista.

El documento US 6.202.773 describe una silla de ruedas motorizada provista de un sensor de retroalimentación de velocidad de giro y con sensores de retroalimentación de movimiento de avance/retroceso, movimiento lateral

y aceleración de movimiento vertical que se integran en un sistema de servocontrol de la silla de ruedas de lazo cerrado para controlar de manera diferencial la velocidad de rotación de una pareja de ruedas motorizadas.

Las formas de realización de la presente invención pretenden proporcionar un sistema mejorado que comprenda una disposición motriz que comprenda dos motores eléctricos accionados independientemente para accionar de manera diferencial los motores izquierdo y derecho de un vehículo motorizado y un sistema de control para controlar la disposición motriz.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema según se define en la reivindicación 1.

Se describirán ahora las formas de realización de la invención a modo de ejemplo solamente con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

10 La Figura 1 es un diagrama esquemático de una silla de ruedas motorizada;

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un sistema de control para una silla de ruedas motorizada;

La Figura 3 es otro diagrama esquemático de un sistema de control para una silla de ruedas motorizada.

15 Con referencia a la Figura 1, la silla de ruedas alimentada eléctricamente 1 comprende un chasis 2, una rueda motriz trasera izquierda 3, una rueda motriz trasera derecha 4 y un par de ruedecillas delanteras 5. La silla de ruedas 1 también cuenta con dos motores eléctricos accionados independientemente (no mostrados en la Figura 1), es decir, un motor izquierdo para accionar la rueda trasera izquierda 3 y un motor derecho para accionar la rueda trasera derecha 4. Una batería (B) proporciona energía para la silla de ruedas 1.

20 Un módulo de entrada de control de usuario 6 que comprende un dispositivo de entrada 7, normalmente en la forma de un joystick, proporciona un medio mediante el cual un usuario (no mostrado) puede ingresar señales de demanda de velocidad de avance/retroceso y señales de demanda de velocidad angular de giro a la silla de ruedas. La velocidad angular de giro de la silla de ruedas (o velocidad de guiñada) es la velocidad de rotación de la silla de ruedas sobre su eje vertical (A). Las señales de demanda de velocidad de avance/retroceso y las señales de demanda de velocidad de guiñada de entrada de usuario indican la velocidad de avance y retroceso y la velocidad de guiñada respectivamente deseadas por el usuario para la silla de ruedas. Al manipular el dispositivo de entrada 7, un usuario puede hacer, por lo tanto, que la silla de ruedas se mueva hacia adelante o hacia atrás y gire a la izquierda o a la derecha.

25 Un módulo sensor de velocidad de guiñada 8 se instala en el chasis de la silla de ruedas 2 para medir la velocidad de guiñada real de la silla de ruedas 1 y para generar una señal indicativa de esta velocidad de guiñada real.

30 Un módulo de control 9, también instalado en el chasis 2, recibe señales de demanda de velocidad de avance/retroceso del usuario y señales de demanda de velocidad de guiñada del usuario desde el módulo de entrada 6 y señales de velocidad de guiñada real desde el módulo de sensor 8. El módulo de control 9 procesa las señales recibidas y utiliza las señales procesadas para controlar los motores derecho e izquierdo (no mostrados) de la silla de ruedas 1.

35 El módulo de control 9 compara la velocidad de guiñada demandada por el usuario con la señal de velocidad de guiñada real producida por el módulo sensor 8. La diferencia entre estas señales (señal de error) se envía a través de un lazo de control cerrado, que calcula una demanda de guiñada de corrección para reducir el error de rumbo de la silla de ruedas 1. Así, por ejemplo, el módulo de control 9 aumenta o disminuye la demanda de guiñada de los motores para mantener la silla de ruedas en su rumbo deseado.

40 Instalar un sensor de velocidad de guiñada al chasis de la silla de ruedas para medir la velocidad de guiñada de la silla de ruedas y utilizar la salida para corregir las desviaciones provocadas por las anomalías de la compensación IR puede mejorar la capacidad de control de la silla de ruedas y aumentar la seguridad del usuario de la silla de ruedas. El control de giro preciso también proporciona un control superior para personas con habilidades de movimiento severamente impedidas.

45 Ventajosamente, el módulo de control 9 ejecuta un algoritmo de control de guiñada autolimitante que detecta si el movimiento de la silla de ruedas 1 es inestable y, en respuesta, reduce la cantidad de potencia a las ruedas motrices 3 y 4 hasta que se reduce la inestabilidad de la silla de ruedas 1. Esto se logra supervisando las señales de error dentro del sistema de control y utilizando la magnitud de estas señales de error para limitar tanto la salida del lazo cerrado de control de la velocidad de guiñada como las señales de referencia de usuario introducidas.

50 El algoritmo autolimitante intenta mantener la estabilidad de la silla de ruedas 1 en todo momento y evita que la silla de ruedas 1 se comporte de manera agresiva cuando el lazo cerrado de control de velocidad de guiñada reacciona a grandes errores en el sistema.

Además, cuando se produce un fallo en el sensor, la magnitud y la duración de los errores que ocurren dentro del sistema de control de velocidad de guiñada son grandes y el algoritmo autolimitante reacciona desacelerando la silla de ruedas 1 sin provocar virajes importantes. Un fallo continuo hará que el algoritmo autolimitante reduzca la velocidad de la silla de ruedas 1 hasta que se detenga.

- 5 Con referencia ahora a la Figura 2 de los dibujos adjuntos, un sistema de control 20 para la silla de ruedas 1 comprende el módulo de control de entrada de usuario 6, el módulo de sensor de velocidad de guiñada 8 que comprende un sensor de velocidad de guiñada 8a y el módulo de control 9. El módulo de control 9, a su vez, comprende un microprocesador 21.

10 En una forma de realización preferida, el sensor de velocidad de guiñada 8a es un sensor de velocidad angular MEMS (Sistemas Micro electromecánicos), aunque se pueden utilizar otros tipos de sensores de velocidad angular. Según apreciarán los expertos en la técnica, el sensor de velocidad de guiñada 8a se debe montar de manera que su eje positivo (no mostrado) se alinee, en esencia, con el eje vertical de la silla de ruedas 1. Por lo tanto, según se ilustra en la Figura 2, el módulo de sensor de velocidad de guiñada 8 se sitúa mejor en la silla de ruedas 1 separado del módulo de control 9, de manera que no se establezcan restricciones en la orientación del módulo de control 9.

15 Alternativamente, el sensor de velocidad de guiñada 8a se puede alojar dentro del módulo de control 9, aunque esto requeriría montar el módulo de control 9 en la silla de ruedas 1 con una orientación que alinee el eje sensible a la guiñada positiva del sensor de velocidad de guiñada (no mostrado) con el eje vertical de la silla de ruedas 1.

20 El módulo de entrada de usuario 6 comprende el dispositivo de entrada de usuario 7 y un primer microcontrolador 22. En respuesta a la manipulación del usuario, el dispositivo de entrada de usuario 7 genera una señal de demanda de velocidad de avance (o retroceso) analógica (y) y una señal de demanda de velocidad de guiñada analógica (x) cuyos valores son indicativos, respectivamente, de la velocidad de avance (o de retroceso) y la velocidad de guiñada de la silla de ruedas 1 deseadas por el usuario.

25 El primer microcontrolador 22 recibe la señal de demanda de velocidad de avance analógica (y) y la señal de demanda de velocidad de guiñada (x) del dispositivo de entrada de usuario 7, convierte las señales en una señal de demanda de velocidad de avance digital (v_i) y una señal de demanda de velocidad de guiñada digital (ω_i) respectivamente, y emite estas señales digitales en un formato de comunicaciones digitales adecuado, por ejemplo, la interfaz de comunicaciones serie (SCI) o la red de área del controlador (CAN) en un sistema BUS 23 conectado a un puerto de entrada de datos 24 del microprocesador 21.

30 El puerto de entrada de datos 24 decodifica y emite la señal de demanda de velocidad de avance digital (v_i) a un bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de avance 25 y la señal de demanda de velocidad de guiñada digital (ω_i) a un bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada 26. El bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de avance 25 procesa la señal de demanda de velocidad de avance (v_i) para emitir una señal de velocidad de avance de referencia procesada (v_r), y el bloque de acondicionamiento de la señal de guiñada 26 procesa la señal de demanda de velocidad de guiñada digital (ω_i) para emitir una señal de velocidad de guiñada de referencia procesada (ω_r). Este procesamiento filtra las señales para suavizarlas con el fin de evitar movimientos bruscos o erráticos de la silla de ruedas 1. Dicho procesamiento es bien conocido por los expertos en la técnica y no se describirá en detalle en la presente memoria.

40 Según se explicará con mayor detalle a continuación, en determinados casos cuando la silla de ruedas se mueve de manera inestable, el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de avance 25 y el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada 26 se disponen para reducir los valores de las señales de referencia de velocidad de avance y las señales de referencia de velocidad de guiñada para permitir que la silla de ruedas recupere la estabilidad.

45 El sensor de velocidad de guiñada 8a genera una señal de velocidad de guiñada analógica (z), que se emite a través de un cable 25 a un convertidor analógico digital (A/D) 28 en el procesador 21. El convertidor 28 digitaliza la señal y emite la señal digital (z') a un bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada del sensor 29.

50 El bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada del sensor 29 procesa la señal digital (z') para eliminar el desplazamiento de la señal de velocidad de guiñada del sensor 8a y para escalar (es decir, calibrar) la señal para generar una señal de velocidad de guiñada real (ω_g) indicativa de la velocidad de guiñada en tiempo real de la silla de ruedas 1 en grados por segundo. El desplazamiento de la señal de velocidad de guiñada del sensor 8a se debe generalmente a una combinación de la salida del sensor de cero grados por segundo, más cualquier salida de error asociada de cero grados, por ejemplo, una causada por la deriva. De nuevo, las técnicas de procesamiento para eliminar este desplazamiento y escalar la señal son bien conocidas en la técnica y no se describirán en detalle en la presente memoria.

El sistema comprende además un lazo de control de guiñada que comprende un comparador 30, un compensador 31 y un limitador variable 32.

5 El comparador 30 recibe en una primera entrada (+) la señal de velocidad de guiñada de referencia limitada en velocidad (ω_r) emitida desde el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada 26, y en una segunda entrada (-) la señal de velocidad de guiñada real (ω_g) emitida desde el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada del sensor 29. El comparador 30 emite la diferencia entre la señal de velocidad de guiñada de referencia limitada en velocidad (ω_r) y la señal de velocidad de guiñada real (ω_g) para producir una señal de velocidad de guiñada de error (ω_e) donde $\omega_e = \omega_r - \omega_g$. Por lo tanto, en cualquier momento dado, la señal de velocidad de guiñada de error representa la diferencia entre la velocidad de guiñada demandada por el usuario y la velocidad de guiñada real de la silla de ruedas, medida por el sensor 8a.

10 La señal de velocidad de guiñada de error (ω_e) se envía a la entrada del compensador 31, normalmente un PI (integral proporcional) o un PID (derivativo integral proporcional), que calcula una señal de velocidad de guiñada correctiva (ω_u) para utilizar en el control de los motores de accionamiento de la silla de ruedas para reducir la señal de velocidad de guiñada de error (ω_e). De nuevo, los lazos de control PI y PID son bien conocidos en la técnica y, por lo tanto, no se describirán en la presente memoria.

15 La señal de velocidad de guiñada correctiva (ω_u) se envía a la entrada del limitador variable 32 que funciona para limitar ω_u a un valor dentro de las restricciones $\pm \omega_{sat}$, dónde ω_{sat} es un límite de saturación de velocidad de guiñada variable.

20 El limitador variable 32 por lo tanto emite una señal de velocidad de guiñada de corrección compensada (ω_o) para ser utilizada para calcular las velocidades de referencia de los motores de accionamiento de la silla de ruedas y está dada por:

$$\begin{aligned} & \text{if}(\omega_u > +\omega_{sat}), \omega_o = +\omega_{sat} \\ & \text{else if}(\omega_u < -\omega_{sat}), \omega_o = -\omega_{sat} \\ & \text{else, } \omega_o = \omega_u \end{aligned}$$

25

Un bloque de cálculo de la saturación 33 deriva continuamente el límite variable ω_{sat} de acuerdo con las relaciones:

$$\begin{aligned} \omega_{sat} &= |\omega_r| + \omega_c - IoError - YawRateOfChange_n \quad \{\omega_{sat} = 0, \text{ if}(\omega_{sat} < 0)\} \\ YawRateOfChange_n &= \left| \frac{\Delta \omega_g}{\Delta T} \right| k_d \\ & \begin{cases} YawRateOfChange_n = \left| \frac{\Delta \omega_g}{\Delta T} \right| k_d, \text{ if} (YawRateOfChange_n > YawRateOfChange_{n-1}) \\ YawRateOfChange_n = YawRateOfChange_n - SlewRate, \text{ if} (|\omega_e| < \omega_{e,Threshold} \text{ and } IoError < IoError_{Thresh}) \end{cases} \\ IoError &= |\omega_r - \omega_o| k_{ro} \end{aligned}$$

30

en donde:

- ω_{sat} es el límite de saturación de la velocidad de guiñada variable del limitador variable 32;
- 35 ω_o es la señal de velocidad de guiñada compensada limitada emitida por el limitador variable 32;
- ω_r es la señal de velocidad de guiñada de referencia procesada descrita previamente;
- ω_e es la señal de velocidad de guiñada de error descrita previamente;
- ω_c es una constante programable que representa una velocidad de guiñada de corrección adicional (programable normalmente entre 50 y 150 grados por segundo)
- 40 k_{ro} es un valor para la ganancia del error de salida de la entrada del lazo de control (normalmente de 1 a 4)
- k_d es un valor para la ganancia de la velocidad de guiñada de cambio (normalmente 8 a 32 con $\Delta T = 20$ milisegundos);
- $\omega_{e,Threshold}$ es una constante preseleccionada, normalmente de 20 a 40 grados por segundo;

IoErrorThreshold es una constante preseleccionada, normalmente de 20 a 40 grados por segundo;

SlewRate es una constante preseleccionada normalmente de 50 a 150 grados por segundo por segundo.

5 Para realizar el cálculo, el bloque de cálculo de la saturación 33 se conecta a las salidas del bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada 26, al bloque de acondicionamiento de la señal del sensor de guiñada 29 y al limitador variable 32 para recibir como entrada las señales ω_r , ω_g , y ω_o respectivamente y se preprograma con valores para las constantes ω_c , k_{ro} , k_d , $\omega_{e,Threshold}$, IoErrorThreshold y SlewRate .

10 El propósito del limitador variable 32 es limitar la salida ω_o en el caso de un fallo del sensor de velocidad de guiñada 8a o si produce inestabilidad en la silla de ruedas durante una maniobra. El limitador variable 32 logra esto al tener sus límites reducidos con las señales y la velocidad de cambio de las señales generadas dentro del sistema de control de guiñada. Los dos términos que son responsables de reducir el nivel de saturación del limitador variable son específicamente el término IoError y la velocidad de cambio de la señal de velocidad de guiñada real ω_g .

15 El término IoError en el cálculo ω_{sat} es responsable principalmente de la inestabilidad de la silla de ruedas. Por ejemplo, cuando se realiza una maniobra con una velocidad de avance alta, la silla de ruedas 1 puede ser incapaz de realizar la maniobra a alta velocidad debido a su dinámica o porque no haya suficiente potencia disponible de su disposición motriz. En consecuencia, el lazo de control de guiñada cerrado es incapaz de reducir la señal de velocidad de guiñada de error (ω_e) a cero y el compensador 31 provoca un aumento en la salida del lazo de control de guiñada (ω_o) dando lugar a un aumento en el término IoError . El término IoError creciente reduce el límite de saturación del limitador variable 32 ω_{sat} provocando que el lazo de control de guiñada se sature más fácilmente.

20 Una vez que el lazo de control de guiñada se satura, el valor de la salida ω_o es insuficiente para que la silla de ruedas 1 alcance la velocidad de guiñada indicada por la señal de demanda de velocidad de guiñada ω_r (es decir, la velocidad de guiñada que el usuario desea que tenga la silla de ruedas 1) y la demanda de guiñada a la disposición motriz se restringe. Se hace necesario reducir la señal de velocidad de avance de referencia (v_r) para reducir la velocidad de la silla de ruedas 1, de manera que la maniobra se pueda lograr a una velocidad de avance más estable y más lenta. En este caso, también resulta ventajoso reducir la señal de velocidad de guiñada de referencia ω_r para forzar la señal de velocidad de guiñada de error ω_e a que se reduzca y permitir que el límite de saturación del limitador variable (ω_{sat}) recupere un valor más alto. Un procedimiento para reducir automáticamente la señal de velocidad de avance de referencia (v_r) y la señal de velocidad de guiñada de referencia (ω_r) cuando el lazo de control se satura se describirá más tarde a continuación.

30 El término indicativo de la velocidad de cambio de la señal de velocidad de guiñada real (ω_g) en el cálculo de (ω_{sat}) es principalmente sensible a fallos dentro del sistema de control de guiñada. Por ejemplo, en el caso de un fallo del sensor de velocidad de guiñada 8a, se produciría probablemente una señal de velocidad de guiñada de error (ω_e) grande y el lazo de control de guiñada cerrado reaccionaría aumentando su salida (ω_o) hasta un valor alto correspondiente. En consecuencia, se aplicaría una demanda de velocidad de guiñada alta a los motores, lo que provocaría que la silla de ruedas 1 girara bruscamente o hiciese trompos fuera de control.

35 El cálculo del término de la velocidad de cambio en el ω_{sat} evita esto reduciendo rápidamente ω_{sat} para limitar la salida del lazo de control de guiñada cerrado cuando se detecta un cambio rápido en la señal de velocidad de guiñada real (ω_g). Esto evita un giro brusco o trompo de la silla de ruedas. El término de la velocidad de cambio también es útil para recuperar rápidamente la estabilidad si la silla de ruedas pierde bruscamente el control.

40 El bloque de cálculo de la saturación 33 diferencia continuamente la señal de velocidad de guiñada real (ω_g) y en cada ciclo de cálculo determina un valor de velocidad de guiñada de cambio actual $\left| \frac{\Delta\omega_g}{\Delta T} \right| K_d$ y compara este valor con el valor utilizado de la velocidad de guiñada de cambio en el ciclo de cálculo anterior para determinar el valor de saturación ω_{sat} . Si el valor actual de la velocidad de guiñada de cambio es el valor más alto, se utiliza en ese ciclo de cálculo para determinar el siguiente valor de saturación ω_{sat} , de lo contrario se desecha.

45 Los valores para las constantes $\omega_{e,Threshold}$, IoErrorThreshold se seleccionan de manera que, en condiciones normales de funcionamiento de la silla de ruedas (es decir, la silla de ruedas se mueve de manera estable y el sistema detector de velocidad de guiñada funciona correctamente) las condiciones $|\omega_e| < \omega_{e,Threshold}$ y $\text{IoError} < \text{IoErrorThreshold}$ se cumplen.

50 Cuando se cumplen estas condiciones y el bloque de cálculo de la saturación 33 determina en un ciclo de cálculo actual que el valor medido de la velocidad de guiñada de cambio actual $\left| \frac{\Delta\omega_g}{\Delta T} \right| K_d$ es más bajo que el valor utilizado de la velocidad de guiñada de cambio en el ciclo de cálculo anterior para determinar el valor de saturación ω_{sat} , el valor utilizado de la velocidad de guiñada de cambio en el ciclo de cálculo anterior menos el valor de la constante SlewRate es el valor utilizado en ese ciclo de cálculo para determinar el siguiente valor de

saturación ω_{sat} . Por lo tanto, el valor de la velocidad de guiñada de cambio $\left| \frac{\Delta\omega_g}{\Delta T} \right| K_d$ se reduce con la velocidad de giro en cada cálculo consecutivo hasta que se determina que el valor medido de la velocidad de guiñada de cambio actual $\left| \frac{\Delta\omega_g}{\Delta T} \right| K_d$ es más alto y se utiliza este valor más alto.

5 El sensor de velocidad de guiñada 8a se conecta firmemente al chasis de la silla de ruedas 1 y, en condiciones normales de funcionamiento, la masa de la silla de ruedas evita que el sensor de guiñada 8a experimente aceleraciones de guiñada anormalmente altas y, por lo tanto, no se producen cambios rápidos en la salida del sensor de guiñada 8a.

10 En el caso de un fallo dentro del sistema detector de velocidad de guiñada, la señal de velocidad de guiñada real ω_g recibida por el bloque de cálculo de la saturación 33 es probable que sea erróneo y tenga un valor que haya saltado bruscamente en relación con el valor de la señal previa al fallo. En consecuencia, el bloque de cálculo de la saturación 33 generará un gran valor para $\left| \frac{\Delta\omega_g}{\Delta T} \right| K_d$ y de acuerdo con la ecuación anterior se reducirá el nivel de saturación del limitador variable ω_{sat} para saturar la salida y evitar de este modo o al menos hacer menos probable, un giro brusco de la silla de ruedas 1.

15 Un fallo en el sistema detector de velocidad de guiñada también provocará un aumento inmediato en el valor de la señal de velocidad de guiñada de error ω_e . En una forma de realización preferida, siempre que tanto el valor de la señal de velocidad de guiñada de error ω_e como el valor del término $IoError$ permanezcan por encima de los umbrales respectivos $\omega_{e,Threshold}$ y $IoError_{Threshold}$ la velocidad de cambio relativamente alta del término de la velocidad de guiñada $\left| \frac{\Delta\omega_g}{\Delta T} \right| K_d$ utilizada para calcular el nivel de saturación del limitador variable ω_{sat} se bloquea (es decir, se mantiene constante) para cada ciclo de cálculo consecutivo. Esto tiende a disminuir el límite de saturación del limitador variable ω_{sat} y da como resultado la restricción de la demanda de guiñada a la disposición motriz. Si el fallo se mantiene y, en consecuencia, la señal de velocidad de guiñada de error ω_e y/o el valor del término $IoError$ permanecen por encima de sus respectivos umbrales, la demanda de guiñada a la disposición motriz permanece restringida y se mejora la seguridad de la silla de ruedas.

25 Si el fallo es un fallo temporal o la velocidad de cambio alta del término de la velocidad de guiñada $\left| \frac{\Delta\omega_g}{\Delta T} \right| K_d$ se produce a causa de una pérdida brusca de la estabilidad en lugar de un fallo del sensor de velocidad de guiñada, el limitador variable limita temporalmente la demanda de guiñada a la silla de ruedas hasta que el error de velocidad de guiñada (ω_e) y el término $IoError$ se reducen por debajo de sus umbrales determinados. El término de velocidad de guiñada de cambio se reduce a continuación a la velocidad de giro determinada para permitir que el lazo de control de guiñada se recupere y regrese a la operación normal.

30 Se puede entender a partir de la ecuación anterior que cuando el valor de ω_e es pequeño, el valor del término $IoError$ es correspondientemente pequeño. Por lo tanto, siempre que $\left| \frac{\Delta\omega_g}{\Delta T} \right| K_d$ sea también pequeño, ω_{sat} tiende hacia $\omega_{sat} = |\omega_r| + \omega_c$. Estas condiciones tienden a cumplirse cuando la silla de ruedas 1 se desplaza de forma estable y, en tales circunstancias, la constante ω_c asegura que el valor de ω_{sat} permanece más alto que ω_r . Esto ayuda a hacer que la sensación de conducir la silla de ruedas sea cómoda para el ocupante de la silla de
35 ruedas. La constante ω_c también garantiza que cuando sea necesario para recuperar la estabilidad, la señal de velocidad de guiñada de corrección ω_u puede provocar que se aplique una mayor demanda de velocidad de guiñada a la disposición motriz que la requerida por la señal de velocidad de guiñada de referencia (ω_r).

40 Utilizar el limitador variable 32 para generar la señal de velocidad de guiñada compensada ω_o , mejora la estabilidad de la silla de ruedas 1. Si la silla de ruedas 1 se gira de manera inestable el valor ω_{sat} se reduce automáticamente y puede llegar a ser inferior a ω_u . En consecuencia, la potencia a las ruedas motrices se restringe hasta que se recupere la estabilidad.

Se realizan mejoras adicionales en la estabilidad de la silla de ruedas si la señal de velocidad de avance de referencia (v_r) y la señal de velocidad de guiñada de referencia (ω_r) se reducen automáticamente cuando la magnitud de la señal de salida ω_u del limitador variable 32 se limita por ω_{sat} .

45 Si se produce esta condición, se transmite una señal desde el limitador variable 32 al bloque de acondicionamiento de la velocidad de avance 25 y el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada 26 que, en respuesta, reduce la señal de velocidad de avance de referencia (v_r) y la señal de velocidad de guiñada de referencia (ω_r) respectivamente, de acuerdo con las ecuaciones:

$$\text{velocidad de desaceleración de avance de referencia} = \frac{IoError \times k_{fdecel}}{\Delta T}$$

$$\text{velocidad de desaceleración de velocidad de guiñada de referencia} = \frac{IoError \times k_{ydecel}}{\Delta T}$$

5 en donde k_{fdecel} es un factor de ponderación de desaceleración de avance de referencia o constante preseleccionada (normalmente $\left| \frac{k_{fdecel}}{\Delta T} \right|$ es 1 a 4), k_{ydecel} es un factor de ponderación de desaceleración de guiñada de referencia o constante preseleccionada (normalmente $\left| \frac{k_{ydecel}}{\Delta T} \right|$ es 1 a 4) y ΔT es el tiempo de muestreo (normalmente 10 a 50 milisegundos).

Para este fin (aunque por simplicidad no se ilustra en la Figura 2), el bloque de acondicionamiento de la velocidad de avance 25 se conecta a las salidas del bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de giro 26 y al limitador variable 32 para recibir como entrada las señales respectivas ω_r y ω_o requeridas para calcular el término $IoError$ utilizado en el cálculo de desaceleración de avance de referencia.

10 De manera similar, (aunque de nuevo por simplicidad no se ilustra en la Figura 2) el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de giro 26 se conecta a la salida del limitador variable 32 para recibir como entrada la señal ω_o requerida con la señal ω_r (generada por el propio bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de giro 26) para calcular el término $IoError$ utilizado en el cálculo de desaceleración de guiñada de referencia.

15 Se apreciará que el bloque de acondicionamiento de la velocidad de avance 25 y el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de giro 26 se preprograman con las constantes k_{fdecel} , k_{ydecel} y k_{ro} utilizadas en estos cálculos.

De estas ecuaciones se puede entender que cuanto mayor sea el valor de ω_e (y, por tanto, cuanto mayor sea la inestabilidad en el movimiento de la silla de ruedas), más rápidamente se desacelera la silla de ruedas.

20 Si se recupera la estabilidad de manera que la señal de salida ω_u del limitador variable 32 ya no esté limitada por ω_{sat} , una señal adicional se transmite desde el limitador variable 32 al bloque de acondicionamiento de la velocidad de avance 25 y el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada 26, que en respuesta cesa la desaceleración automática de la silla de ruedas 1. Se apreciará que, en caso de inestabilidad contante, por ejemplo, después de un fallo del sensor de velocidad de guiñada 8a, la silla de ruedas se
25 desacelerará hasta detenerse por completo sin desviarse significativamente. Se apreciará que, en el caso de que la salida del lazo de control de guiñada se sature, limitar la señal de referencia de avance (v_r) y la señal de velocidad de guiñada de referencia (ω_r) permite que la silla de ruedas recupere la estabilidad de forma más segura y de una manera controlada.

30 Las salidas del limitador variable 32 ω_o y del bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de avance v_r se envían a un bloque de cálculo de referencia del motor 34 que calcula las velocidades de referencia del motor izquierdo y derecho $n_{motor\ izquierdo}$ y $n_{motor\ derecho}$ dónde:

$$n_{motor\ izquierdo} = (v_r + \omega_o) k_v$$

$$n_{motor\ derecho} = (v_r - \omega_o) k_v$$

35 k_v es el escalador de velocidad del motor

Las velocidades de referencia del motor izquierdo y derecho $n_{motor\ izquierdo}$ y $n_{motor\ derecho}$ se envían a sus respectivos bloques de control de velocidad y par 35 y 36 que, de manera estándar, realizan el control de lazo cerrado de la velocidad del motor y el par motor y emiten valores numéricos de PWM (modulación de ancho de pulso) $PWM_{izquierdo}$ y $PWM_{derecho}$ que se envían a un controlador PWM 37. El controlador PWM 37 convierte los
40 valores numéricos PWM $PWM_{izquierdo}$ y $PWM_{derecho}$ a señales de accionamiento de onda cuadrada cuyos ciclos de trabajo son proporcionales a los valores PWM numéricos y estas señales se utilizan para cambiar la electrónica de potencia 38 para controlar la potencia del motor izquierdo 39 y el motor derecho 40 para accionar las ruedas izquierda y derecha de la silla de ruedas, respectivamente.

La utilización de estas técnicas para controlar los motores de accionamiento de la silla de ruedas permite mejorar la estabilidad de la silla de ruedas. Por ejemplo, es menos probable que la silla de ruedas haga trompos fuera de control cuando se pierde la tracción de las ruedas motrices, o que se desvíe cuando se conduce por un peralte o que se desvíe si las presiones de los neumáticos izquierdo y derecho no son iguales. La sensación general de conducir la silla de ruedas se ha mejorado para la utilización y es menos probable que la silla de ruedas se desvíe del rumbo de desplazamiento previsto por el usuario al conducir sobre obstáculos.

La Figura 3 ilustra un sistema de control alternativo 20' para controlar la silla de ruedas 1. El sistema de control 20' es muy similar al sistema de control ilustrado en la Figura 2 y a las características idénticas se les han dado números de referencia idénticos. La única diferencia entre los dos sistemas es que en el sistema de control 20' el sensor de velocidad de guiñada 8 se proporciona en un módulo 50 junto con un segundo microcontrolador 51. El segundo microcontrolador 51 recibe la señal de velocidad de guiñada (z) del sensor de velocidad de guiñada 8, convierte la señal en una señal digital y emite la señal digital en un formato de comunicaciones digitales adecuado, por ejemplo, la interfaz de comunicaciones en serie (SCI) o la red de área del controlador (CAN) en el sistema BUS 23 conectado al puerto de entrada de datos 24 del microprocesador 21. La señal digital se envía desde el puerto de entrada de datos 24 para su procesamiento en el bloque de acondicionamiento de la señal de velocidad de guiñada del sensor 29, como se describió anteriormente en la presente memoria.

Se apreciará que las formas de realización de la invención no se limiten a la relación precisa para determinar ω_{sat} como lo dado anteriormente. En particular, las formas de realización de la invención pueden hacer uso de uno u otro de los términos $YawRateOfChange_n$ y $ioError$ para determinar ω_{sat} . Otras variaciones de la relación para determinar ω_{sat} serán evidentes para el experto.

Además, se pueden utilizar ecuaciones diferentes de las descritas anteriormente para determinar las velocidades de desaceleración de avance y de la velocidad de guiñada de referencia, por ejemplo

$$\text{velocidad de desaceleración de avance de referencia} = \frac{|v_r|k_{vr} + |\omega_e|k_{\omega_e} + |\omega_r - \omega_o|k_{\omega_o}}{\Delta T}$$

$$\text{velocidad de desaceleración de velocidad de guiñada de referencia} = \frac{|\omega_r|k_{vr} + |\omega_e|k_{\omega_e} + |\omega_r - \omega_o|k_{\omega_o}}{\Delta T}$$

K_{vr} = factor de ponderación de desaceleración de avance de referencia ($k_{vr} > = 0$).

K_{vw} = factor de ponderación de la desaceleración de velocidad de guiñada de referencia ($K_{vw} > = 0$).

k_{ω_e} = factor de ponderación del error de velocidad de guiñada ($k_{\omega_e} > = 0$).

$k_{\omega_{ro}}$ = factor de ponderación del error de salida de la entrada del lazo de control ($k_{\omega_{ro}} > = 0$).

ΔT = tiempo de muestreo en segundos

Habiendo descrito de este modo la presente invención haciendo referencia a una forma de realización preferida, se debe entender bien que la forma de realización en cuestión es solo un ejemplo y que se pueden realizar modificaciones y variaciones tales como las que se le ocurrirán a aquellos que posean el conocimiento y habilidades apropiados sin apartarse del alcance de la invención según se describe en las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas. En las reivindicaciones, cualesquiera signos de referencia colocados entre paréntesis no se deben interpretar como una limitación de las reivindicaciones. La palabra "que comprende" y "comprende", y similares, no excluyen la presencia de elementos o etapas distintas a las enumeradas en cualquier reivindicación o en la memoria descriptiva en su conjunto. La referencia singular de un elemento no excluye la referencia plural de dichos elementos.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende:

una disposición motriz que comprende dos motores eléctricos accionados independientemente (39, 40) para accionar de manera diferente las ruedas izquierda y derecha de un vehículo motorizado:

5 un sistema de control (20) para controlar la disposición motriz; caracterizado por que el sistema de control comprende:

un lazo de control de retroalimentación de velocidad de guiñada que comprende:

10 un comparador (30) para recibir una señal de velocidad de guiñada del sensor (8a) de un sensor de velocidad de guiñada, siendo la señal de velocidad de guiñada del sensor indicativa de una velocidad de guiñada real del vehículo y para recibir una señal de velocidad de guiñada de referencia generada por un dispositivo de entrada de usuario, siendo la señal de velocidad de guiñada de referencia indicativa de una velocidad de guiñada demandada por el usuario para el vehículo, el comparador dispuesto para emitir una señal de velocidad de guiñada de error basada en una diferencia entre la señal de velocidad de guiñada del sensor y la señal de velocidad de guiñada de referencia;

15 un limitador variable (32) para limitar una señal de velocidad de guiñada de corrección a valores dentro de un límite variable, la señal de velocidad de guiñada de corrección para controlar la disposición motriz para reducir la señal de velocidad de guiñada de error;

20 un compensador (31) entre el comparador (30) y el limitador variable para recibir como entrada la señal de velocidad de guiñada de error y generar en respuesta a la misma la señal de velocidad de guiñada de corrección;

un calculador de límites para calcular continuamente el límite variable en función de una o más señales de entrada y/o generadas por el lazo de control.

2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde:

25 i) en cualquier momento dado, el calculador de límites calcula el límite variable al menos en parte en función de un valor de un término que depende de una diferencia entre un valor actual de la señal de velocidad de guiñada de referencia y un valor actual de la señal de velocidad de guiñada de corrección; y/o

ii) durante un primer ciclo de cálculo, el calculador de límites calcula un primer valor de velocidad de cambio utilizando un primer valor actual de la velocidad de cambio de la señal de velocidad de guiñada del sensor y calcula el límite variable al menos en parte, en función del primer valor de velocidad de cambio.

30 3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en donde durante un segundo ciclo de cálculo inmediatamente después del primer ciclo de cálculo, el calculador calcula un segundo valor de velocidad de cambio utilizando un segundo valor actual de la velocidad de cambio de la señal de velocidad de guiñada del sensor y calcula el límite variable al menos en parte en función del segundo valor de velocidad de cambio si es más alto que el primer valor de velocidad de cambio.

35 4. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 3, en donde durante el segundo ciclo de cálculo, si el primer valor de velocidad de cambio es mayor que el segundo valor de velocidad de cambio, el primer valor de velocidad de cambio se reduce en una cantidad predeterminada y el calculador calcula el límite variable, al menos en parte, en función del primer valor de velocidad de cambio reducido.

40 5. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el calculador bloquea el primer valor de velocidad de cambio si se exceden uno o más valores umbrales de control y calcula el límite variable al menos en parte en función del primer valor de velocidad de cambio durante cada período de cálculo posterior siempre que los valores de los umbrales de control permanezcan sobrepasados.

45 6. Un sistema de acuerdo con las reivindicaciones 4 o 5, en donde el uno o más valores umbrales comprenden un valor de umbral para la señal de velocidad de guiñada de error o un valor de umbral para una diferencia entre los valores actuales de la señal de velocidad de guiñada de referencia y la señal de velocidad de guiñada de corrección.

50 7. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, comprendiendo además el sistema un bloque de procesamiento de la señal de velocidad de guiñada de referencia (26) para procesar la señal de velocidad de guiñada de referencia recibida desde el dispositivo de entrada de usuario (7) y emitir una señal de velocidad de guiñada de referencia procesada al comparador, el bloque de procesamiento de la señal de velocidad de guiñada de referencia (26) dispuesto para reducir el valor de la señal de velocidad de guiñada de

referencia cuando el valor de la señal de velocidad de guiñada de corrección se satura por el limitador variable (32).

- 5 8. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el bloque de procesamiento de la señal de velocidad de guiñada de referencia se dispone para reducir el valor de la señal de velocidad de guiñada de referencia a una velocidad que depende de la diferencia entre un valor actual de la señal de velocidad de guiñada de referencia y la señal de velocidad de guiñada de corrección.
- 10 9. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde el sistema comprende además un bloque de procesamiento de la señal de velocidad de referencia para procesar una señal de velocidad de referencia recibida desde el dispositivo de entrada de usuario (7) indicativa de una velocidad demandada por el usuario para el vehículo y emitir una señal de velocidad de referencia procesada para utilizar en el control de la disposición motriz, el bloque de procesamiento de la señal de velocidad de referencia dispuesto para reducir el valor de la señal de velocidad de referencia cuando el valor de la señal de velocidad de guiñada de corrección se satura por el limitador variable.
- 15 10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el bloque de procesamiento de la señal de velocidad de referencia se dispone para reducir el valor de la señal de velocidad de referencia a una velocidad que depende de la diferencia entre un valor actual de la señal de velocidad de guiñada de referencia y la señal de velocidad de guiñada de corrección.
- 20 11. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde el calculador de límites calcula el límite variable al menos en parte en función de un valor de una constante programable, seleccionado el valor de tal manera que, cuando sea necesario, la señal de velocidad de guiñada de corrección pueda aplicar una mayor demanda de velocidad de guiñada a la disposición motriz (39, 40) que una velocidad de guiñada actual demandada por el usuario indicada por la señal de velocidad de guiñada de referencia.
- 25 12. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde, al calcular el límite variable en cualquier momento dado, el calculador de límites resta un valor calculado en función de la una o más señales de entrada y/o generadas por el lazo de control a partir de la suma de un valor actual de la señal de velocidad de guiñada de referencia y un valor adicional.
- 30 13. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el valor adicional es una constante predeterminada.
14. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde el compensador (31) es un compensador PI o PID.
15. Un vehículo motorizado que comprende un sistema según se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en donde preferiblemente el vehículo es una silla de ruedas (1).

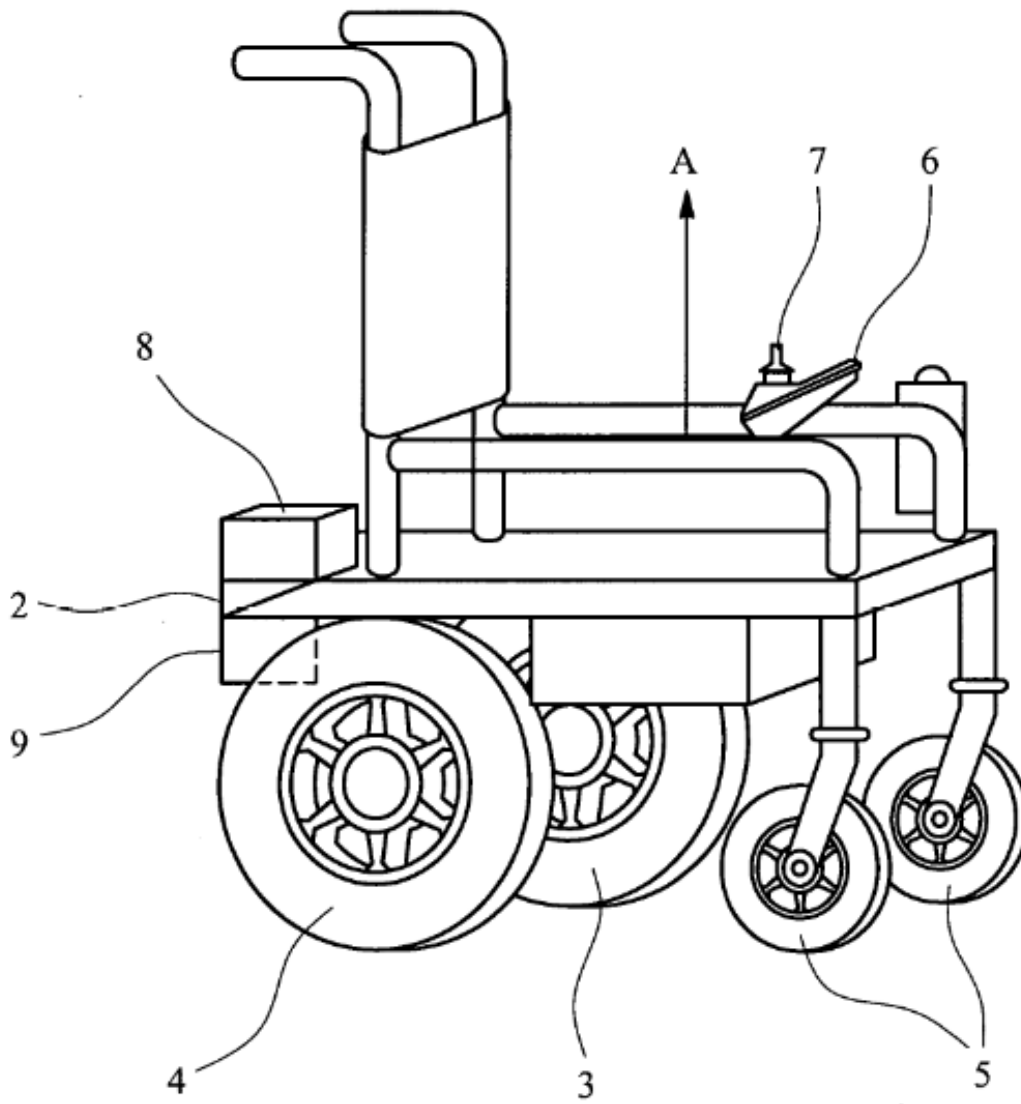


FIG. 1

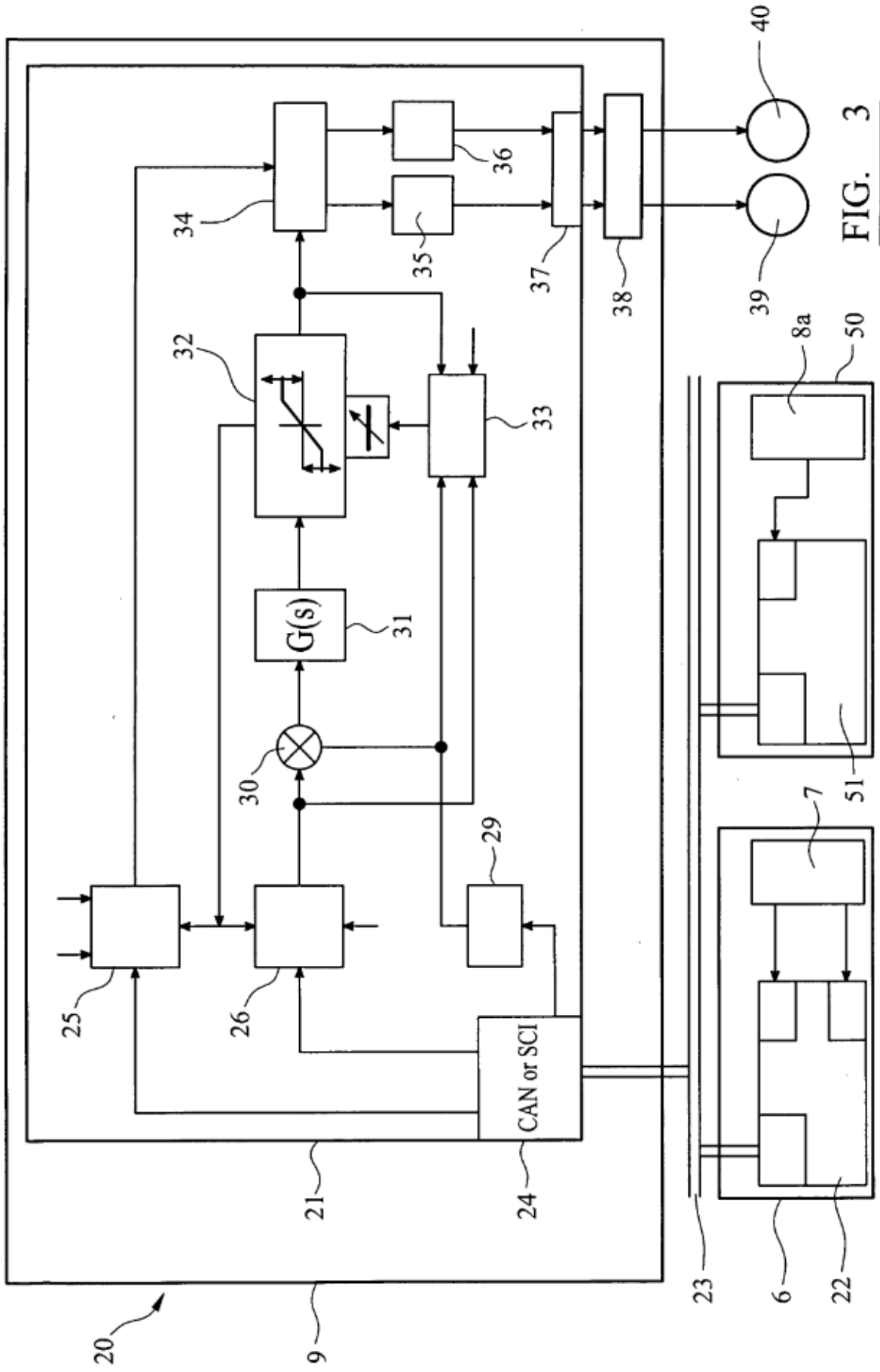


FIG. 3