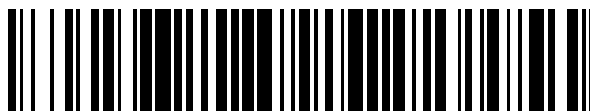


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 245**

51 Int. Cl.:
B62D 5/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10002484 .3**

96 Fecha de presentación: **10.03.2010**

97 Número de publicación de la solicitud: **2364896**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.09.2011**

54 Título: **Compensación de fuerza de rozamiento en un sistema eléctrico de direccionamiento**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.10.2012

73 Titular/es:
ThyssenKrupp Presta AG
9492 Eschen, LI

72 Inventor/es:
Paholics, Gábor y
Szepessy, Irme

74 Agente/Representante:
Pérez Barquín, Eliana

ES 2 388 245 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

Compensación de fuerza de rozamiento en un sistema eléctrico de direccionamiento.

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un método para hacer funcionar un aparato de direccionamiento de potencia eléctrica con las características del preámbulo de la reivindicación 1 y a un sistema de direccionamiento de potencia eléctrica con las características del preámbulo de la reivindicación 8.

Los sistemas de direccionamiento y especialmente los sistemas de direccionamiento de potencia eléctrica en vehículos de motor tienen un rozamiento interno. Este rozamiento interno del sistema no es constante, sino que más bien varía bastante mientras que el sistema de direccionamiento está en uso por los cambios de temperatura, cambios de carga y demás. El rozamiento también varía en una escala de tiempo a largo plazo debido a cambios en las superficies de apoyo durante la vida de servicio del sistema de direccionamiento.

Las fuerzas de rozamiento influyen en el esfuerzo de direccionamiento del conductor y del motor de asistencia para girar una rueda del vehículo de motor. De otro modo, las fuerzas de rozamiento influyen en las fuerzas de reacción, que son producidas por el contacto de la rueda con la superficie de la carretera, en el sistema de direccionamiento. Las fuerzas de rozamiento pueden enmascarar las fuerzas de reacción, que llevan al problema de que el sensor de par motor de la columna de direccionamiento no mida correctamente la fuerza de reacción. Como consecuencia, el sistema no aplica correctamente el ángulo de direccionamiento, que es seleccionado por la entrada de conductor a la rueda de direccionamiento. Este efecto puede llevar al problema de que la estabilidad direccional del vehículo no se mantenga suficientemente o se logre sólo con un retraso de tiempo indeseable. Esto puede provocar alteraciones para el conductor.

Descripción de la técnica relacionada

Los siguientes documentos de la técnica anterior sugieren mejoras a este problema.

El documento EP 1848625 B1 propone que a velocidades de vehículo que exceden cierto valor predeterminado, se comprueba si el vehículo está conduciendo recto o no cuando el conductor no aplica ningún par motor a la rueda de direccionamiento. En este caso, se mide un par motor residual en la rueda de direccionamiento lo que es necesario para compensar por cualquier desviación de la dirección recta. El par motor de compensación o el par motor residual se usa como una media de movimiento para compensar cualquier tracción del vehículo en ambas direcciones. Esta solución técnica se basa en un número de señales de sensor, que tienen que ser monitorizadas y procesadas en un procedimiento relativamente complicado. Por otra parte, este sistema lleva a una buena compensación de fuerzas de rozamiento sólo alrededor de la posición central de este sistema de direccionamiento.

El documento DE 102006057084 A1 propone compensar cualquier desviación de esta dirección recta en la posición central del sistema de direccionamiento integrando el par motor que se aplica a la rueda de direccionamiento durante un periodo de tiempo dado. El valor, que se obtiene mediante este procedimiento, se añade al par motor dado que es aplicado por el conductor en cualquier momento. Como en el sistema tratado anteriormente, este sistema de técnica anterior efectivamente compensa las fuerzas de rozamiento sólo en las proximidades de la posición central del sistema de direccionamiento.

Esencialmente lo mismo se aplica al sistema de direccionamiento que se divulga en el documento EP 1860018 A2.

A parte del problema general de compensar fuerzas de rozamiento en un sistema de direccionamiento alrededor de la posición central, también es deseable medir o estimar el rozamiento también para ángulos de direccionamiento que difieren de la posición central y especialmente para compensar tales fuerzas de rozamiento en posiciones no centrales. Esto es especialmente necesario en sistemas de direccionamiento que necesitan reaccionar rápidamente en todas las situaciones de conducción por fuerzas de rozamiento superpuestas que no se conocen correctamente, llevan a tiempos muertos en el sistema de direccionamiento y así a una acción de direccionamiento retrasada. El propio mecanismo de asistencia es un componente del sistema de direccionamiento que se añade al rozamiento interno.

El documento EP 1373051 B1 divulga un concepto de direccionamiento de potencia con control de par motor de columna. En este sistema, se realiza una funcionalidad de compensación de rozamiento inherente, que funciona mejor cuando el par motor de columna de referencia es independiente del par motor de carga de cremallera. En este sistema, se usa un observador para estimar la carga en la cremallera, y se compensa la carga estimada. El rozamiento es una parte de la carga de cremallera, así se compensa el rozamiento también.

Sin embargo, el par motor de columna de direccionamiento de referencia habitualmente no es independiente de la carga y hay una correlación entre la carga y el par motor de columna de referencia. Esta correlación puede ser simplificada como una función lineal. La ganancia entre la carga y el par motor de columna de direccionamiento de referencia define el porcentaje de la carga real, que debería ser sentida por el conductor. Este sentimiento garantiza que el conductor consigue una retroalimentación para la condición de conducción real. Alta ganancia es equivalente

a una fuerza de asistencia de direccionamiento baja.

En conducción recta a alta velocidad se usan altas ganancias para mejorar la sensación de carretera. Ahora, si una parte de la carga es rozamiento interno, el conductor siente cada vez más el rozamiento a altas ganancias, lo que deteriora la sensación de direccionamiento.

- 5 Es, por lo tanto, un objeto de la presente invención proporcionar un aparato de direccionamiento y un método para hacer funcionar un sistema de direccionamiento en el que el rozamiento interno del sistema de direccionamiento se determina dinámicamente y se compensa en una gran variedad de condiciones de conducción.

Este objeto para la compensación de fuerza de rozamiento se alcanza mediante un método para hacer funcionar un sistema de direccionamiento de potencia eléctrica, en el que el método comprende los siguientes pasos:

- 10 a) calcular un par motor (30) requerido virtual al menos en base al par motor (7) de árbol de direccionamiento,
- b) monitorizar continuamente la carga (17) de una cremallera (4), usando la señal de al menos un sensor por medición o estimación directa o indirecta en un observador (10) de estado,
- c) monitorizar continuamente la velocidad (23) de motor, usando la señal de al menos un sensor por medición o estimación directa o indirecta en un observador de estado,
- 15 d) calcular un valor (127) de compensación primero en base a la derivada de tiempo de la carga (17) de cremallera,
- e) combinar en una operación de combinación primera el valor (127) de compensación primera con la velocidad (23) de motor a un valor (227) de compensación de fuerza de rozamiento modificada, que se usa directamente o después de un paso de transformación primero como valor (427) de compensación virtual, que está aumentando con la velocidad de motor decreciente, y que se usa directamente o después de un paso de transformación segundo como
- 20 un valor (29) de compensación,
- f) combinar en una operación de combinación segunda el valor (29) de compensación con el par motor (30) requerido virtual en el par motor (12) requerido,
- g) proceder con el paso a).

- 25 El concepto velocidad de motor podría significar la velocidad angular de un rotor del servo motor. En caso de usar un actuador lineal podría ser también la velocidad del movimiento lineal de parte de actuador trasladado del servo motor. El movimiento de motor significa el movimiento rotacional de rotor o movimiento de translación de la parte de actuador de servo motor.

- 30 Una velocidad de motor puede estar cerca de cero, si el ángulo de direccionamiento de ruedas de carretera accionado por acoplamiento mecánico con motor (rotor o actuador lineal) es menos de un grado/segundo. En caso de servo motor con un rotor, la velocidad de motor puede estar cerca de cero, si la velocidad angular del rotor es menos de 5 grados/segundos.

- 35 En general, es obvio que el dispositivo de direccionamiento puede funcionar en dos direcciones, mano izquierda y mano derecha. Todas las normas de la invención son aplicables en ambas direcciones de direccionamiento. Por lo tanto, no hubo indicio de cualquier señal positiva o negativa o cualquier valor. Si se menciona un valor máximo o mínimo, la señal de la que está dependiendo de la dirección del funcionamiento de direccionamiento, entonces ese mínimo o máximo significa el máximo o mínimo del valor absoluto. Como resultado nunca hay pares motor requeridos negativos o valores de compensación negativos. La señal puede a veces ser negativa correspondiendo a la dirección de direccionamiento.

En una realización preferida, el método comprende los siguientes pasos:

- 40 a) transformar la velocidad (23) de motor en un valor (123) de velocidad de motor adoptado,
- b) transformar el valor (427) de compensación virtual y el valor (123) de velocidad de motor adoptado en el segundo paso de transformación en el valor (29) de compensación, seleccionando el valor más pequeño de ambos en un selector (26).

En una realización preferida, el método comprende los siguientes pasos:

- 45 a) si el valor (227) de compensación de fuerza de rozamiento modificado excede un valor de compensación máximo de umbral, establecer el valor (427) de compensación virtual en el paso de transformación primero como en el valor de compensación máximo de umbral.

En una realización preferida, el método comprende los siguientes pasos:

- 50 a) si la velocidad (23) de motor excede un valor de velocidad máximo de umbral, establecer el valor (427) de compensación virtual a cero.

En una realización preferida del método la primera operación de combinación de la reivindicación 1 es una substracción y/o la segunda operación de combinación de la reivindicación 1 es una simple adición de los valores de entrada.

5 En una realización preferida, el método comprende los siguientes pasos: se determina un ángulo de direccionamiento de ruedas dirigibles y el valor (29) de compensación depende del ángulo de direccionamiento, de manera que el valor (29) de compensación es mayor en ángulos de direccionamiento cercanos al centro del sistema de direccionamiento, mientras que el valor (29) de compensación decrece con ángulos de direccionamiento en aumento en ambos lados.

10 En una realización preferida, el método de compensación de fuerza de rozamiento se caracteriza porque el ángulo de direccionamiento de las ruedas dirigibles está determinado y porque está comprobado tanto si este ángulo ha sido cambiado bajo la influencia del par motor (112) requerido como si no que es corregido por el valor (29) de compensación, en el que este cambio tiene que ser detectado dentro de un marco de tiempo predefinido desde la aplicación del valor (29) de compensación, y que el valor (29) de compensación para este ángulo de direccionamiento o para todo el intervalo de ángulo de direccionamiento puede ser ajustado para minimizar este cambio. Entre la posición central y los extremos del recorrido, la compensación de fuerza de rozamiento puede variar desde el 100 % al 0 %. Se prefiere adicionalmente que el factor de la compensación en este caso sea calculado en base al ángulo de direccionamiento, y/o el par motor de rueda de direccionamiento aplicado, o la velocidad de ángulo de direccionamiento. El factor podría también depender de la velocidad del vehículo. Como un ejemplo se prefiere compensar la fuerza de rozamiento en caso de un ángulo de direccionamiento de cero (=funcionamiento recto=ángulo en el centro del sistema de direccionamiento) con un valor de compensación de más del 90 %. En el caso de que el ángulo de direccionamiento sea mayor del 10 % del ángulo de direccionamiento dirigible máximo, la fuerza de rozamiento es compensada menos del 10 % en una realización preferida.

25 En una realización preferida, el ángulo de direccionamiento de las ruedas dirigibles está determinado y está comprobado tanto si este ángulo ha sido cambiado bajo la influencia de la compensación de fuerza de rozamiento como si no, en el que este cambio tiene que ser detectado dentro de un marco de tiempo predefinido desde la aplicación de la compensación de fuerza de rozamiento. Si se detecta tal cambio, el valor de compensación de fuerza de rozamiento para este ángulo de direccionamiento especial o para todo el intervalo de ángulo de direccionamiento puede ser ajustado para minimizar este cambio.

30 En una realización preferida, el método para la compensación de fuerza de rozamiento está apagado, en caso de que dicha velocidad de motor sea cero o cerca de cero.

El objeto también se logra mediante una unidad de controlador para un sistema de direccionamiento de potencia eléctrica en el que la unidad comprende:

una entrada para una carga (17) de cremallera, que es medida directa o indirectamente o estimada por un observador de estado,

35 un dispositivo (21) de derivación para calcular una derivada de tiempo de dicha carga (17) de cremallera,

una ganancia primera (22), que está conectada eléctricamente a dicho dispositivo (21) de derivación para adoptar la carga (117) de cremallera derivada a un valor (127) de compensación primero,

una entrada para una velocidad (23) de motor, medida directa o indirectamente o estimada en un observador de estado,

40 un combinador (24, 124), preferido en la forma de un substractor, que está conectado eléctricamente a dicha ganancia primera y dicha entrada para la velocidad (23) de motor, que calcula un valor (227) de compensación de fuerza de rozamiento como diferencia de dicho valor (127) de compensación y la velocidad (23) de motor,

45 una ganancia segunda (25), que está conectada eléctricamente a dicho combinador (24, 124), preferido a un substractor, para adoptar el valor (227) de compensación de fuerza de rozamiento directa o indirectamente a un valor (427) de compensación virtual,

una ganancia tercera (27), que está conectada eléctricamente a dicha entrada para la velocidad (23) de motor para adoptar la velocidad (23) de motor como un valor (123) de velocidad de motor,

50 un selector (26), que está conectado eléctricamente a dicha ganancia segunda (25) y dicha ganancia tercera (27) para seleccionar el máximo del valor (123) de velocidad de motor y el valor (427) de compensación virtual como un valor (29) de compensación,

un dispositivo (28) de adición, que está conectado eléctricamente a dicho selector (26) y dispositivo (111) de controlador básico, para añadir el valor (29) de compensación y el par motor (30) requerido virtual como un par motor requerido que puede ser suministrado a un dispositivo adicional que controla un motor eléctrico para el sistema de direccionamiento de potencia eléctrica.

En una realización preferida la unidad de controlador comprende un observador (10) de estado para estimar una carga (17) de cremallera momentánea usando las señales de al menos un sensor de par motor.

En una realización preferida la unidad de controlador comprende un filtro de paso bajo provisto entre el sensor de par motor de columna de direccionamiento y la unidad de control, en el que un umbral de frecuencia del filtro de paso bajo está entre 1 Hz y 16 Hz, ambos incluidos.

Descripción de los dibujos

Se describen realizaciones preferidas en vista de los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra un diagrama de bloque de un sistema de direccionamiento de acuerdo con la presente invención;

la figura 2 muestra un diagrama de bloque de la compensación de fuerza de rozamiento en el sistema de direccionamiento de la figura 1;

la figura 3 muestra otra realización de la compensación de fuerza de rozamiento en el sistema de direccionamiento de la figura 1;

la figura 4 muestra otra realización de la compensación de fuerza de rozamiento en el sistema de direccionamiento de la figura 1; y

la figura 5 muestra otra realización de la compensación de fuerza de rozamiento en el sistema de direccionamiento de la figura 1.

Las figuras 2, 3, 4 y 5 son similares. La figura 4 muestra componentes o características adicionales de la figura 3. La figura 3 muestra componentes o características adicionales de la figura 2. La figura 5 muestra una realización más específica con diferentes características para la compensación de fuerza de rozamiento.

Descripción detallada de los dibujos

La figura 1 muestra un diagrama de bloque de un sistema de direccionamiento de potencia eléctrica para un vehículo de carretera.

La figura 1 muestra, en una representación esquemática, un sistema de direccionamiento de potencia eléctrica con un volante de mano o volante 1 de direccionamiento que está acoplado a una columna de direccionamiento. La columna 2 de direccionamiento hace funcionar una marcha 3 de direccionamiento de cremallera y piñón, que comprende un piñón (no mostrado) que se aplica en una cremallera 4 de direccionamiento dentada. La cremallera 4 de direccionamiento está acoplada vía tirantes (no mostrados) a ruedas 5 de carretera dirigibles de un vehículo de motor.

Un sensor 6 de par motor es provisto en la columna 2 de direccionamiento para producir una señal 7 de sensor de par motor que es esencialmente dependiente de una posición angular relativa entre el volante 1 de direccionamiento y el piñón.

Una señal 8 de sensor de velocidad es provista desde un sensor de velocidad del vehículo, por ejemplo monitorizando la rotación o velocidad de una de las ruedas. Pueden ser provistas señales 9 de entrada adicionales, estas señales pueden ser una o más de las siguientes: posición angular de las ruedas 5 de carretera, posición angular del volante 1 de direccionamiento, temperatura exterior, temperatura de la marcha 3 de direccionamiento, fuerza g lateral, carga de cremallera (= fuerzas lineales aplicadas a la cremallera 4 de direccionamiento), y carga de piñón.

Un observador 10 de estado es provisto para recibir señales 7, 8 y 9 de entrada. El observador de estado proporciona señales a un controlador 11. El controlador 11 suministra un par motor 12 requerido a un controlador 13 de motor. El controlador 13 de motor mismo controla un servo motor 14 que, a través de marchas apropiadas, impone un par motor de asistencia a la marcha 3 de direccionamiento, asistiendo por ello el esfuerzo del conductor haciendo funcionar la marcha 3 de direccionamiento a través del volante 1 de direccionamiento. Tales controladores 13 de motor son bien conocidos en el estado de la técnica y a menudo usan un método de modulación de impulsos en duración (PWM) para controlar el motor 14.

Las señales provistas por el observador 10 de estado al controlador 11 comprenden algunas señales procesadas y/o parámetros de estado de vehículo, que pueden comprender directamente valores medidos o valores calculados que no están directamente medidos en el sistema de direccionamiento, por ejemplo la velocidad angular de la rueda 1 de direccionamiento, fuerzas lineales aplicadas a la cremallera 4 de direccionamiento, fuerzas externas en las ruedas 5 de vehículo que se producen por contacto con una superficie 20 de carretera, y fuerzas radiales que se elevan de la aplicación del piñón en la cremallera 4 de direccionamiento.

El observador 10 de estado también puede pasar señales no procesadas al controlador 11 por ejemplo el par motor 7 de columna de direccionamiento, temperatura de marcha de direccionamiento, velocidad de vehículo y/o similares.

En el caso en el que todos los valores necesarios sean medidos por sensores, es posible usar la invención sin un observador 10 de estado.

La figura 1 muestra el ejemplo en el que el par motor 7 de columna de direccionamiento y la velocidad 8 de vehículo pasan el observador 10 de estado y se alimentan en el controlador 11 sin ser procesados en el observador 10 de estado. Además el observador suministra parámetros 19 de estado y un valor (=RL) 17 de carga de cremallera en el controlador 11. El valor 17 de carga de cremallera puede ser una señal de carga de cremallera cargada o una carga de cremallera calculada como uno de los parámetros de estado de vehículo. No obstante, la invención también es aplicable cuando ninguna señal pasa el observador 10 de estado al controlador 11 sin ser procesado.

La figura 2 muestra un diagrama de bloque principal del proceso de compensación de fuerza de rozamiento, que es implementado en el controlador 11. El dispositivo 11 de controlador comprende un dispositivo 111 de controlador básico para calcular un par motor 30 requerido virtual en base al par motor 7 de columna de direccionamiento y otros parámetros 119, que podrían incluir uno o más parámetros 19 de estado y la velocidad 8 de vehículo y otras señales medidas. Tales procedimientos de cálculo son bien conocidos en el estado de la técnica, usando comúnmente un par motor requerido que es directamente salida a un controlador de motor. El dispositivo 11 de controlador comprende además un controlador 211 de compensación de carga de cremallera, que usa al menos un valor 17 de carga de cremallera y un valor 23 de velocidad de ángulo de motor para calcular un valor 29 de compensación. El valor 17 de carga de cremallera y/o el valor 23 de velocidad de ángulo de motor podrían ser una señal medida o un valor calculado, calculado por el observador 10. El valor 23 de velocidad de ángulo de motor está monitorizando la velocidad angular del rotor del servo motor 14. Para determinar el valor 29 de compensación en el controlador 211 de compensación el valor 17 de carga de cremallera está provisto desde el observador 10 y es procesado calculando la derivada 117 de tiempo $\Delta RL = dRL/dt$ en un dispositivo 21 de derivada. La señal 117 de derivada ($=dRL$) es suministrada entonces como entrada en una ganancia primera 22 de referencia de asistencia de motor. La ganancia primera 22 calcula el valor 127 de compensación primero. Simultáneamente el valor 23 de velocidad de ángulo de motor es combinado entonces con el valor 127 de compensación primero en combinador 24. La combinación en la realización de la figura 2 es preferentemente una substracción y el combinador 24 prefirió por lo tanto ser un substractor. Esto lleva a un valor 227 de compensación de fuerza de rozamiento, que permanece el valor 127 de compensación primero no cambiado si la velocidad de motor es cero, y decrece con velocidad de motor que incrementa.

Este procedimiento tiene en cuenta que la fuerza de rozamiento que se calcula desde el dispositivo 21 de derivada (derivada de tiempo de la carga de cremallera) es esencialmente rozamiento estático. El resultado de los dos valores se pasa a ganancia segunda 25. La ganancia segunda 25 saca el valor 427 de compensación virtual. El valor 427 de compensación virtual se proporciona como entrada a un selector 26.

Como una característica de la invención, también es posible compensar el rozamiento dinámico. El rozamiento dinámico es dependiente de la velocidad del motor y es tomada en lo que viene a continuación.

La figura 3 muestra que la señal 23 de velocidad de ángulo de motor se usa, simultáneamente para ser suministrada al combinador 24 respectivo el substractor, como entrada a una ganancia tercera 27, que proporciona una señal que representa el rozamiento dependiente de la velocidad en el servo dispositivo de asistencia. Esta ganancia tercera 27 podría ser también llamada una ganancia 27 de compensación de viscosidad. La salida de ganancia 27 de compensación de viscosidad, el valor 123 de velocidad de motor adoptado es también suministrado al selector 26. El selector 26 procesa las señales del valor 427 de compensación virtual y el valor 123 de velocidad de motor adoptado desde ambas ganancias, 25 y 27, y suministra la más alta como valor 29 de compensación a un dispositivo 28 de adición. En el dispositivo de adición el valor 29 de compensación y el par motor 30 requerido virtual se combinan para calcular el par motor 12 requerido. Este par motor 12 requerido comprende el par motor que se necesita para soportar el esfuerzo del conductor en el volante 1 de direccionamiento con el fin de reducir el esfuerzo de direccionamiento y un par motor de asistencia adicional que compensa para el rozamiento interno del sistema de direccionamiento como se explicó anteriormente.

La figura 4 muestra otra realización de la invención. En esta realización se añade un dispositivo 31 de transformación como una diferencia a la realización como la figura 3.

Para evitar cualquier sobrecompensación de rozamientos, el dispositivo 31 de transformación calcula el valor 427 de compensación virtual en base a un valor 327 de compensación virtual intermedio, que se calcula por la ganancia segunda 25, y el valor 23 de velocidad de ángulo de motor. Si el valor 23 de velocidad de ángulo de motor es menor o igual a un valor de umbral el valor 427 de compensación virtual es establecido en el valor 327 de compensación virtual intermedio. Si el valor 23 de valor de velocidad de ángulo de motor excede un valor de umbral y la señal del valor 23 de velocidad de ángulo es igual a la señal del valor 327 de compensación virtual intermedio, el valor 427 de compensación virtual es establecido en el valor 327 de compensación virtual intermedio. De otro modo, el valor 427 de compensación virtual se establece en cero.

Es obvio que el dispositivo 31 de transformación podría también ser implementado a la realización de la figura 2 sin la compensación de fuerza de rozamiento dinámico.

Para lograr una compensación de fuerza de rozamiento adoptada más dinámica y mejor se elige un método de combinación especial. El combinador 24 puede ser remplazado por el combinador 124 como se muestra en la figura 5. Es obvio que este reemplazo podría ser usado en todas las demás realizaciones mostradas. Especialmente podría ser preferido para remplazar la simple substracción en el substractor como clase especial de combinador 24 por este método de combinación especial. Otros métodos de combinación más complejos son posibles y aplicables. Tales métodos podrían ser lineales, no lineales, métodos difusos o métodos de red neuronal –solamente o en combinación juntos.

La figura 5 muestra otra realización de la invención incluido este método de combinación especial. En esta realización el combinador 24 como se muestra en la figura 3 es reemplazado por el combinador 124, que consiste al menos en un dispositivo 224 de reducción, un multiplicador 324, un dispositivo 424 de adición interno, un acondicionador 524 y un amplificador inverso 624. El valor 127 de compensación primero es añadido con un valor 129 de velocidad transformado. El dispositivo 424 de adición saca el par motor 128 de carga relativa. El valor 129 de velocidad transformado se calcula en base al valor 23 de velocidad de ángulo de motor, que se reduce (o se regula) en el dispositivo 224 de reducción y se multiplica por el par motor 128 de carga relativa inversa. El dispositivo 224 de reducción redujo el valor 23 de velocidad de ángulo de motor en relación a diferentes parámetros de vehículo y direccionamiento. Estos parámetros podrían ser definidos como valores estáticos a la hora de programar el controlador, o como valores dinámicos como resultado de cualquier parámetro de estado. La reducción podría ser una multiplicación lineal con un valor mayor que cero y menos de uno. Otras operaciones no lineales para hacer funcionar la reducción también son posibles.

Mediante la reducción y la retroalimentación de amplificación inversa se realiza una amortiguación de la salida de control de la combinación. Esta amortiguación podría ser también un reseteo de la salida de control. No obstante, se realiza una alta dinámica para valores 23 de velocidad de ángulo de motor bajos y valores de carga de cremallera bajos. Tales combinaciones más específicas necesitan más operaciones de cálculo pero mejoran la dinámica de sistema.

Para adoptar el par motor 128 de carga relativa al dispositivo de direccionamiento realizado y dispositivo de control se aplica un proceso de acondicionamiento en el acondicionador 524. En la forma más sencilla un valor de referencia de umbral se multiplica con el par motor 128 de carga relativa para construir el valor 227 de compensación de fuerza de rozamiento modificado. Tal valor de referencia de umbral debería ser determinado en procedimientos de prueba durante el proceso de aplicación y diseño del dispositivo de direccionamiento. El progreso adicional con este valor 227 de compensación de fuerza de rozamiento modificado se describe en la descripción de la otra realización de la invención.

Como un ejemplo en uso, el sistema funciona como sigue:

Un vehículo de carretera, por ejemplo un coche de pasajero, está viajando por la carretera 20. El conductor hace funcionar el volante 1 de direccionamiento mediante la columna 2 de direccionamiento con el fin de ajustar el ángulo de direccionamiento de las ruedas dirigibles 5. El sensor 6 de par motor registra el par motor, que se aplica a la columna 2 de direccionamiento, tanto por el esfuerzo directo del conductor en el volante de direccionamiento como por fuerzas de reacción de la superficie 20 de carretera en las ruedas 5. Estos valores de par motor se suministran desde el sensor 6 de par motor al observador 10 de estado. Otros valores que se suministran al observador 10 de estado son velocidad de vehículo, ángulo de rueda de direccionamiento y, si se desea, el ángulo de las ruedas, velocidad rotacional de motor 14, posición rotacional de motor 14, temperatura exterior, temperatura de caja de marcha de direccionamiento y similares.

El observador 10 de estado usa las señales de sensor para calcular el valor 17 de carga de cremallera en la cremallera 4 de direccionamiento. El observador de estado también calcula o directamente recibe el valor 23 de velocidad de ángulo de motor.

Usando estas señales, el sistema es capaz de calcular dos contribuciones de fuerza de rozamiento, concretamente una fuerza de rozamiento que depende del valor 23 de velocidad de ángulo de motor y que se deriva del valor 23, y una carga de rozamiento estático que se deriva desde el valor 17 de carga de cremallera calculando los cambios de carga en el dispositivo 21 de derivada en un estado de funcionamiento en el que la velocidad de ángulo de motor es cero o casi cero. En este estado de funcionamiento, se asume que la cremallera 4 de direccionamiento está casi o completamente en reposo. Cualquier cambio de carga en este estado está dentro de la fuerza de rozamiento, que mantiene la cremallera de direccionamiento y otros componentes del sistema de direccionamiento pegados uno a otro.

En el combinador 24, una señal proporcional a la velocidad de motor 14 se combina con el valor de fuerza de rozamiento estático. Esta combinación podría ser una simple substracción de velocidad de motor 14 del valor de fuerza de rozamiento estático, pero también son aplicables métodos de combinación más complejos. Esto tiene en cuenta que el rozamiento estático se reduce con el aumento del movimiento de los componentes del sistema de direccionamiento.

Los componentes de rozamiento se calculan simultánea y continuamente y son alimentados, mediante ganancias 25

y 27, al selector 26, que selecciona el mayor de ambos valores de rozamiento. El valor de rozamiento seleccionado, el valor 29 de compensación es salida al dispositivo 28 de adición, en el que el par motor 30 requerido virtual, que es calculado en el dispositivo 111 de controlador básico es convertido en un par motor 12 requerido. Integrado en el par motor 12 requerido están la fuerza de compensación o de rozamiento en cualquier momento dado y el par motor 30 requerido virtual que es necesario para soportar el esfuerzo de los conductores en el volante 1 de direccionamiento.

Especialmente bajo condiciones de conducción de autopista en las que el vehículo viaja en línea recta y servo asistencia es cero, el valor de compensación de fuerza de rozamiento es todavía suministrado al servo motor 14 que en esta realización es todavía activo y sólo suministra la cantidad de par motor que es necesaria para compensar el rozamiento. El esfuerzo del conductor en este estado de conducción es generalmente no asistido, de manera que, al conductor, el sistema de direccionamiento siente como un sistema de direccionamiento directo sin servo asistencia, pero también sin rozamiento. El volante de direccionamiento, por la compensación de fuerza de rozamiento, es ligero y muy directo.

Aunque los ejemplos usado para describir la invención usan funciones lineales (suma, multiplicación, substracción), la invención también es aplicable usando funciones más complejas (exponencial, polinomial, cuadrática, logarítmica u otra). La invención también hace usar más señales para mejorar la compensación de rozamiento. Podría ser además útil introducir temperaturas y o velocidades de vehículo en el controlador 211 de compensación. Además, el controlador 211 de compensación podría usar una red neuronal o un algoritmo difuso para combinar los valores y usar experiencias para encontrar un valor de compensación de rozamiento mejorado.

REIVINDICACIONES

1. Un método de hacer funcionar un sistema de direccionamiento de potencia eléctrica, en el que el sistema de direccionamiento comprende:

- un árbol (2) de direccionamiento, que puede ser acoplado a un volante (1) de direccionamiento,

5 - una marcha (3) conectada al árbol (2) de direccionamiento y que coopera con una cremallera (4) para hacer funcionar ruedas dirigibles (5) de un vehículo,

- al menos un sensor (6) de par motor para medir un par motor (7) aplicado al árbol (2) de direccionamiento,

10 - y un servo motor (14) que suministra asistencia de direccionamiento para soportar un esfuerzo de direccionamiento de un conductor, estando conectados el sensor (6) de par motor y el servo motor (14) a una unidad (10, 11) de control,

- en el que la unidad (10, 11) de control calcula un par motor (12) requerido y suministra el par motor (12) requerido como base de suministro de potencia para el servo motor (14),

caracterizado porque el método comprende los siguientes pasos:

a) calcular un par motor (30) requerido virtual al menos en base al par motor (7) de árbol de direccionamiento,

15 b) monitorizar continuamente la carga (17) de una cremallera (4), usando la señal de al menos un sensor por medición o estimación directa o indirecta en un observador (10) de estado,

c) monitorizar continuamente la velocidad (23) de motor, usando la señal de al menos un sensor por medición o estimación directa o indirecta en un observador de estado,

d) calcular un valor (127) de compensación primero en base a la derivada de tiempo de la carga (17) de cremallera,

20 e) combinar en una operación de combinación primera el valor (127) de compensación primera con la velocidad (23) de motor a un valor (227) de compensación de fuerza de rozamiento modificada, que se usa directamente o después de un paso de transformación primero como valor (427) de compensación virtual, que está aumentando con la velocidad de motor decreciente, y que se usa directamente o después de un paso de transformación segundo como un valor (29) de compensación,

25 f) combinar en una operación de combinación segunda el valor (29) de compensación con el par motor (30) requerido virtual al par motor (12) requerido,

g) proceder con el paso a).

2. Método de reivindicación 1, caracterizado porque comprende los siguientes pasos adicionales:

a) transformar la velocidad (23) de motor en un valor (123) de velocidad de motor adoptado,

30 b) transformar el valor (427) de compensación virtual y el valor (123) de velocidad de motor adoptado en el segundo paso de transformación en el valor (29) de compensación, seleccionando el valor más pequeño de ambos en un selector (26).

3. Método de una o más reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende los siguientes pasos adicionales:

35 a) si el valor (227) de compensación de fuerza de rozamiento modificado excede un valor de compensación máximo de umbral, establecer el valor (427) de compensación virtual en el paso de transformación primero como en el valor de compensación máximo de umbral.

4. Método de una o más reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende los siguientes pasos adicionales:

40 a) si la velocidad (23) de motor excede un valor de velocidad máximo de umbral, establecer el valor (427) de compensación virtual a cero.

5. Método de una o más reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la primera operación de combinación de la reivindicación 1 es una substracción y/o la segunda operación de combinación de la reivindicación 1 es una adición de los valores de entrada.

45 6. Método de una o más reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se determina un ángulo de direccionamiento de ruedas dirigibles y el valor (29) de compensación depende del ángulo de direccionamiento, de manera que el valor (29) de compensación es mayor en ángulos de direccionamiento cercanos al centro del sistema

de direccionamiento, mientras que el valor (29) de compensación decrece con ángulos de direccionamiento en aumento en ambos lados.

- 5 7. Método de una o más reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el ángulo de direccionamiento de las ruedas dirigibles está determinado y porque está comprobado tanto si este ángulo ha sido cambiado bajo la influencia del par motor (12) requerido como si no que es corregido por el valor (29) de compensación, en el que este cambio tiene que ser detectado dentro de un marco de tiempo predefinido desde la aplicación del valor (29) de compensación, y que el valor (29) de compensación para este ángulo de direccionamiento o para todo el intervalo de ángulo de direccionamiento puede ser ajustado para minimizar este cambio.
- 10 8. Una unidad de controlador para un sistema de direccionamiento de potencia eléctrica en el que la unidad comprende un dispositivo (111) de controlador básico para calcular un par motor (30) requerido virtual en base a un par motor (7) de columna de direccionamiento y otros parámetros (119), caracterizado porque la unidad comprende además:

una entrada para una carga (17) de cremallera, que es medida directa o indirectamente o estimada por un observador de estado,
- 15 un dispositivo (21) de derivación para calcular una derivada de tiempo de dicha carga (17) de cremallera,

una ganancia primera (22), que está conectada eléctricamente a dicho dispositivo (21) de derivación para adoptar la carga (117) de cremallera derivada a un valor (127) de compensación primero,

una entrada para una velocidad (23) de motor, medida directa o indirectamente o estimada en un observador de estado,
- 20 un combinador (24, 124), preferido en la forma de un substractor, que está conectado eléctricamente a dicha ganancia primera y dicha entrada para la velocidad (23) de motor, que calcula un valor (227) de compensación de fuerza de rozamiento como diferencia de dicho valor (127) de compensación y la velocidad (23) de motor,

una ganancia segunda (25), que está conectada eléctricamente a dicho combinador (24, 124), preferido a un substractor, para adoptar el valor (227) de compensación de fuerza de rozamiento directa o indirectamente a un
- 25 valor (427) de compensación virtual,

una ganancia tercera (27), que está conectada eléctricamente a dicha entrada para la velocidad (23) de motor para adoptar la velocidad (23) de motor como un valor (123) de velocidad de motor,

un selector (26), que está conectado eléctricamente a dicha ganancia segunda (25) y dicha ganancia tercera (27) para seleccionar el máximo del valor (123) de velocidad de motor y el valor (427) de compensación virtual como un
- 30 valor (29) de compensación,

un dispositivo (28) de adición, que está conectado eléctricamente a dicho selector (26) y dispositivo (111) de controlador básico, para añadir el valor (29) de compensación y el par motor (30) requerido virtual como un par motor requerido que puede ser suministrado a un dispositivo adicional que controla un motor eléctrico para el sistema de direccionamiento de potencia eléctrica.
- 35 9. La unidad controladora de la reivindicación 8, caracterizada porque la unidad (10, 11) de control comprende un observador (10) de estado para estimar una carga (17) de cremallera momentánea usando las señales de al menos un sensor de par motor.
- 40 10. La unidad controladora de una o más de las reivindicaciones 8-9, caracterizada porque un filtro de paso bajo provisto entre el sensor de par motor de columna de direccionamiento y la unidad de control, en el que un umbral de frecuencia del filtro de paso bajo está entre 1 Hz y 16 Hz, ambos incluidos.

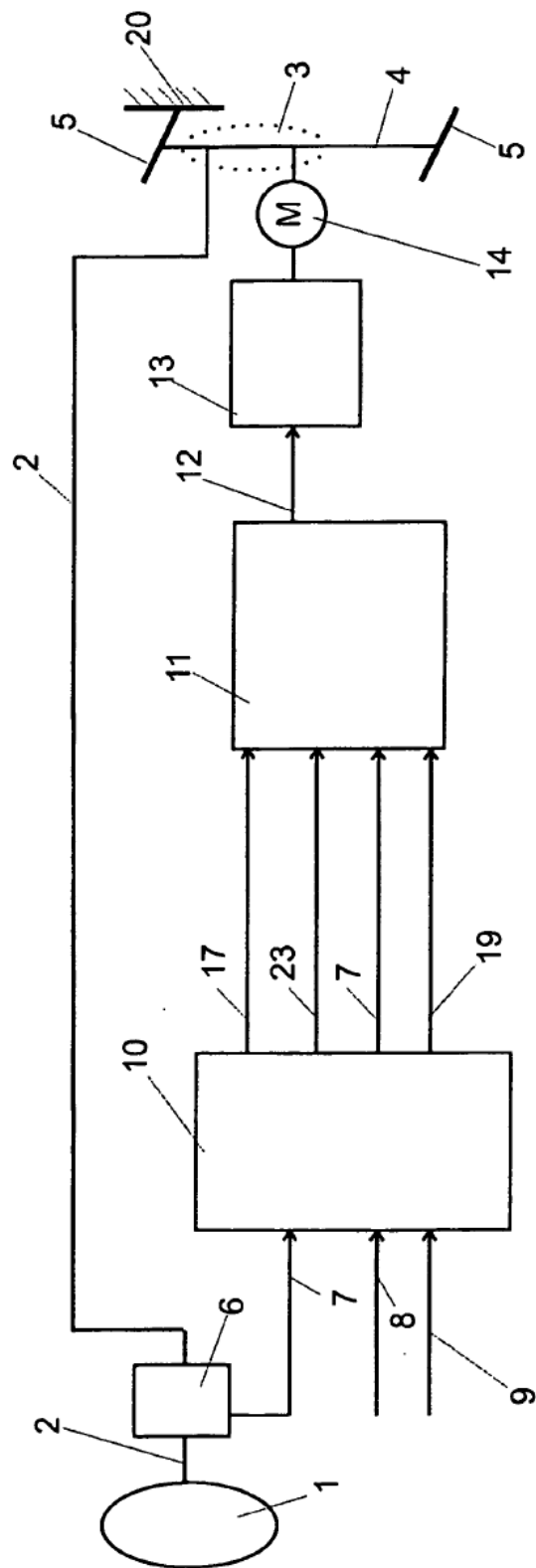


Fig. 1

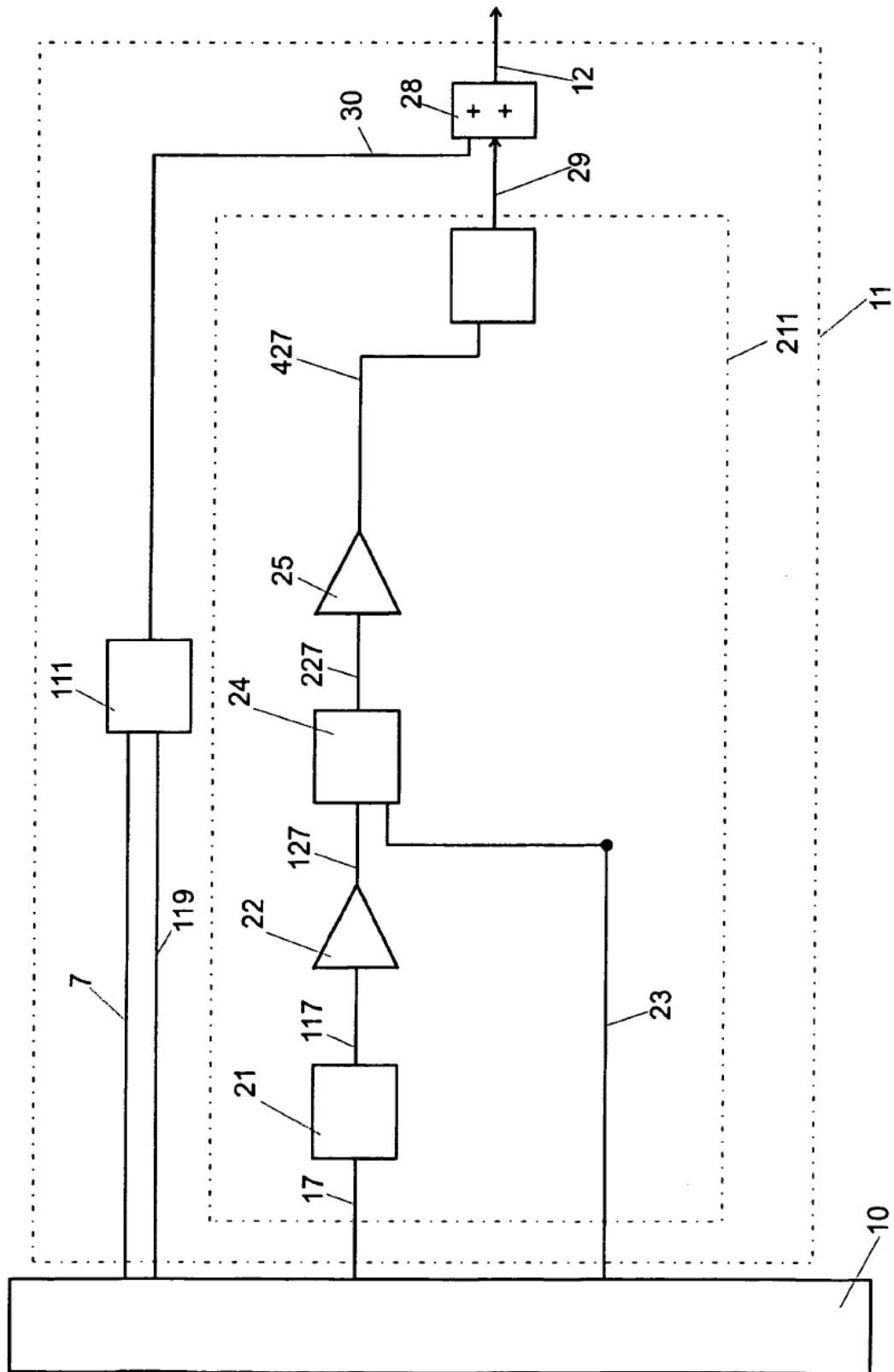


Fig. 2

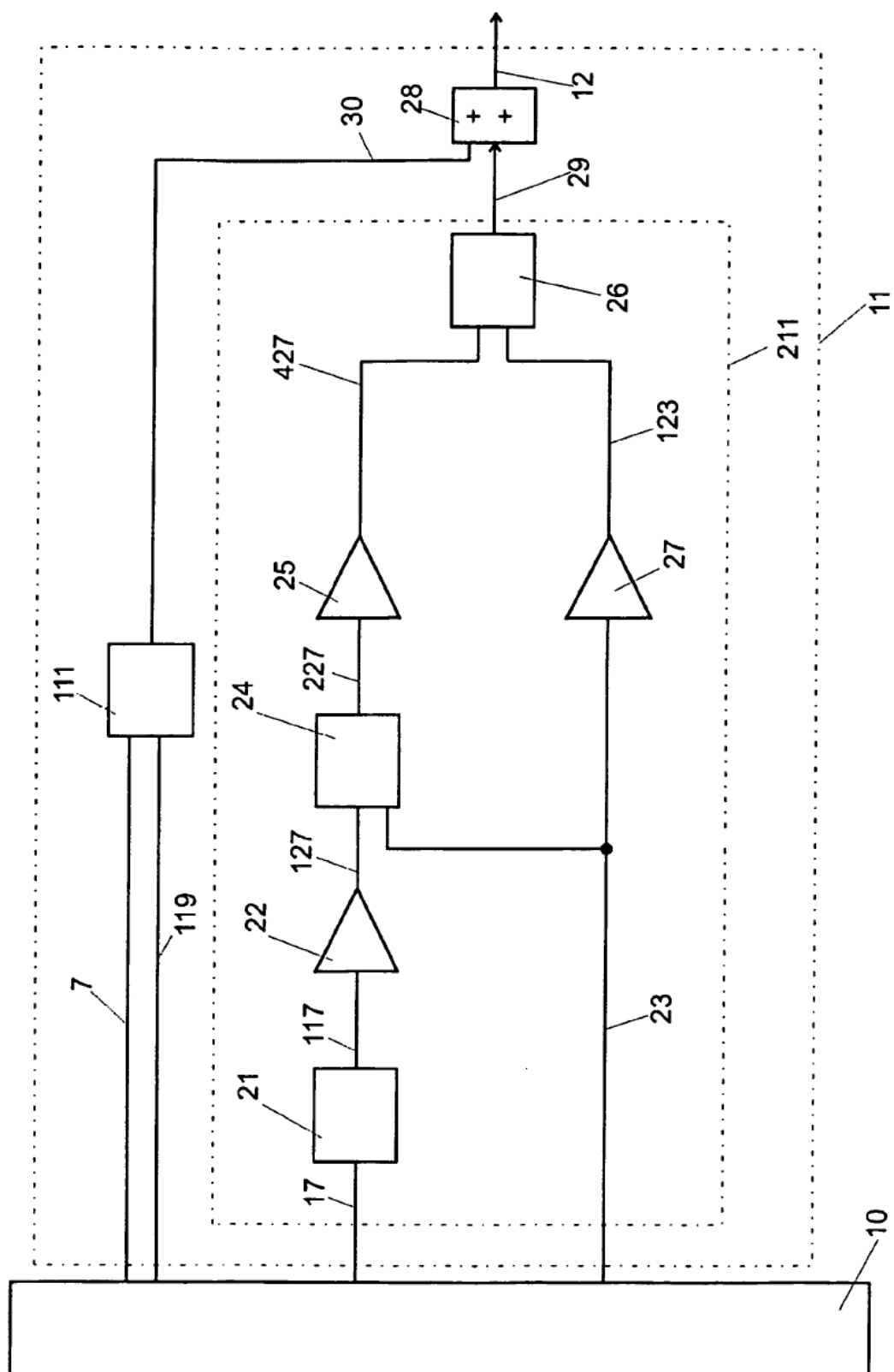


Fig. 3

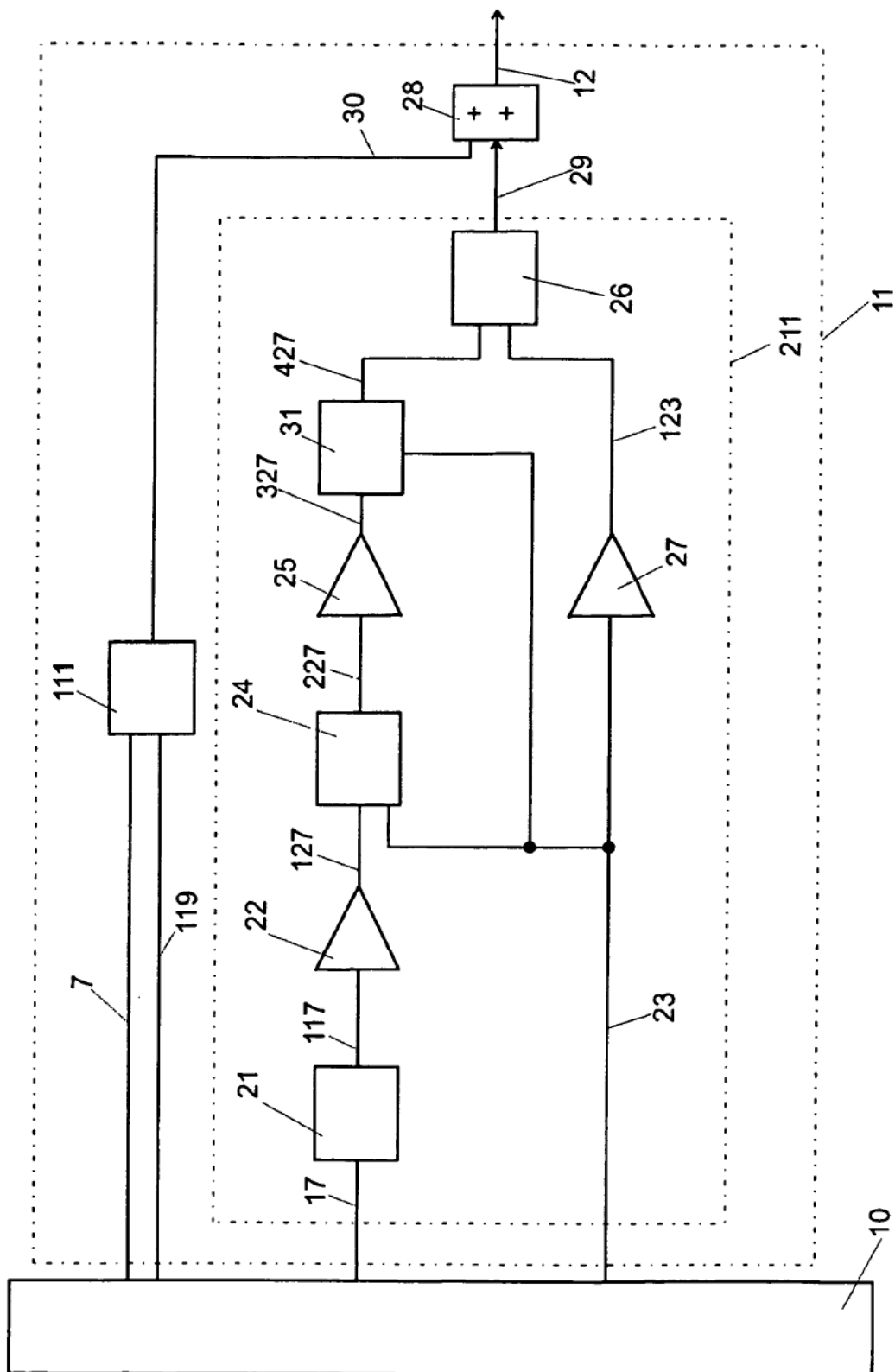


Fig. 4

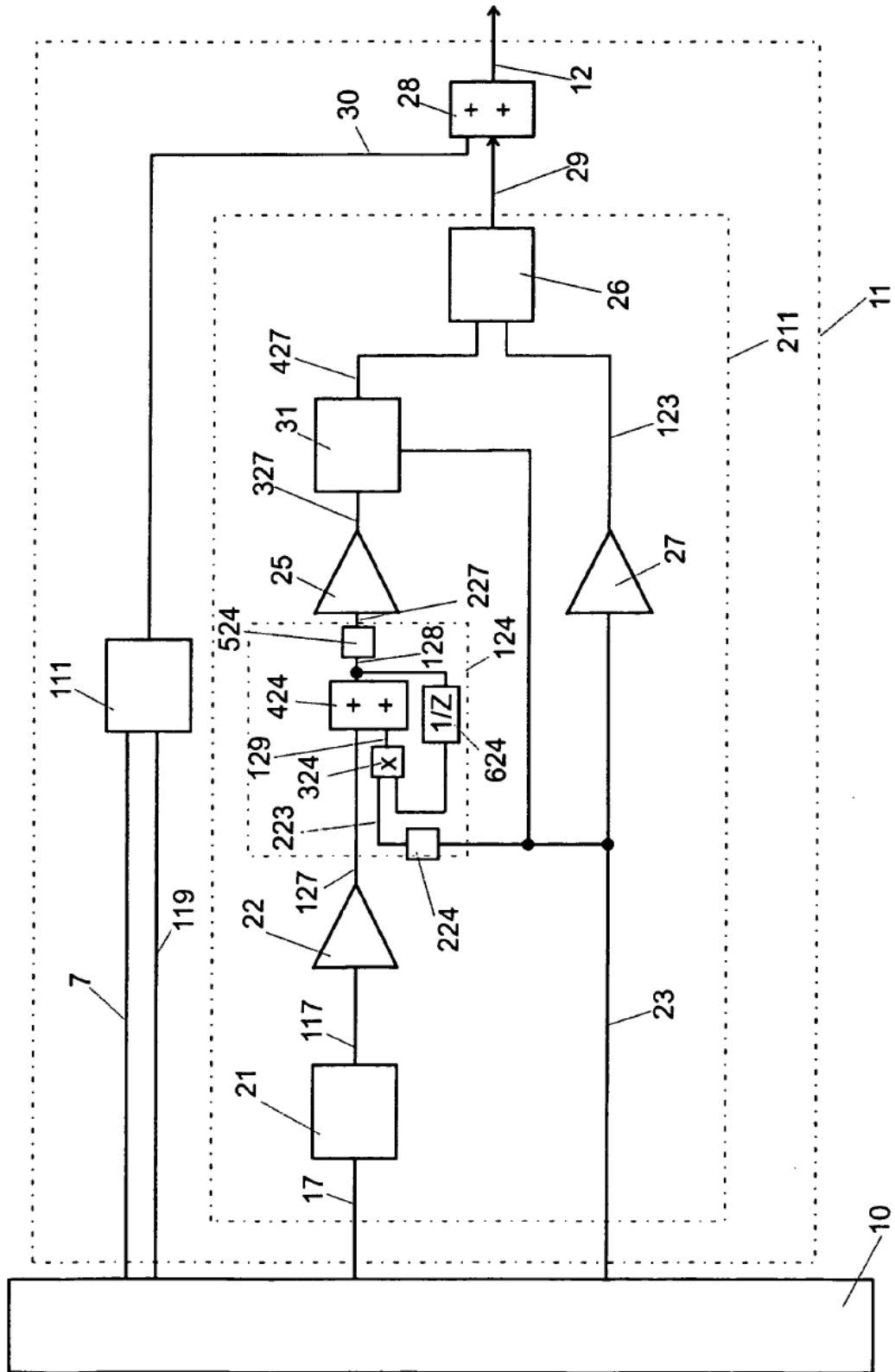


Fig. 5