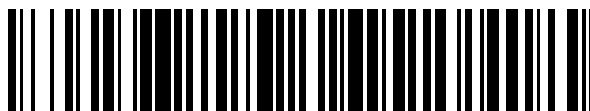


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 320**

51 Int. Cl.:

B62D 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.04.2017 PCT/EP2017/059382**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.11.2017 WO17186564**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2017 E 17722388 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3448740**

54 Título: **Detección de *hands-on/off* en un sistema *steer-by-wire***

30 Prioridad:

26.04.2016 DE 102016005013

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

03.11.2020

73 Titular/es:

THYSSENKRUPP PRESTA AG (50.0%)

Essanestrasse 10

9492 Eschen, LI y

THYSSENKRUPP AG (50.0%)

72 Inventor/es:

ROHRMOSER, MANUEL

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 791 320 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

Detección de *hands-on/off* en un sistema *steer-by-wire*

5 La presente invención se refiere a un sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* para vehículos de motor.

En los sistemas de dirección de tipo *steer-by-wire*, la posición de las ruedas dirigidas no está directamente acoplada al volante. Existe una unión entre el volante y las ruedas dirigidas a través de señales eléctricas. En lugar del acoplamiento mecánico, se usan un controlador de ángulo de rueda para posicionar las ruedas y un actuador de fuerza manual para simular las fuerzas de restauración en el volante.

Con el fin de aumentar la seguridad de conducción de un vehículo de motor en el tráfico rodado, los vehículos de motor modernos tienen un número cada vez mayor de sistemas de asistencia al conductor que tienen como objetivo aumentar la seguridad activa. Además de los controles de velocidad y los controles de distancia que están en parte vinculados a ellos, también se conocen sistemas de mantenimiento en el carril.

Para estos sistemas es importante una supervisión del volante, que determina si hay actividad del conductor sobre el volante o no.

20 A este respecto, a continuación, una situación en la que el conductor agarra el volante se denomina situación de *hands-on* y una situación en la que el conductor no agarra el volante, es decir, una conducción con manos libres, se denomina situación de *hands-off*, lo que corresponde a los términos utilizados en estas áreas técnicas.

El documento US 2014 0371989 A1 describe un procedimiento legal para detectar un estado en el que se toca el volante con las manos, en el cual se genera una señal de prueba y una dirección asistida es sometida a un momento de torsión de acuerdo con la señal de prueba por un servomotor eléctrico de la dirección asistida, y se mide la señal de momento de torsión del volante resultante. La señal de prueba y la señal de momento de torsión del volante medida se suministran a un observador técnico de control como una variable medida. El observador modela un sistema volante-manos y modifica el sistema volante-manos modelado basándose en las desviaciones entre las variables medidas y el sistema volante-manos modelado para reducir las desviaciones. Finalmente, se lee una variable de estado del sistema volante-manos modelado, conteniendo la variable de estado una afirmación sobre el estado de tocar el volante con las manos.

Por el documento DE 10 2009 028 647 B3 se conoce una detección *hands-on/off* de un sistema de dirección asistido eléctricamente. La detección de la actividad del conductor sobre el volante tiene lugar por medio de una señal de prueba. En este caso, un observador genera un modelo a partir de la señal de prueba y del momento de torsión del volante.

El documento DE 10 2010 019 236 B3 divulga también un procedimiento para medir el contacto con las manos de un mando de un helicóptero. A este respecto, se determina un espectro de frecuencia basándose en las señales de movimiento del mando, con lo cual se puede detectar si el conductor está en contacto con el mando. Además, se detectan vibraciones en el entorno del mando. El espectro de frecuencia si no se está agarrando el mando difiere del espectro de frecuencia de un mando que se está tocando. Sin embargo, estos procedimientos tienen la desventaja de que no siempre presentan la precisión deseada.

Por el documento DE 10 2007 039 332 A1 se conoce otro procedimiento y sistema de asistencia a la dirección para detectar un estado de contacto de la mano de un conductor con el manillar de dirección de un vehículo.

El objetivo de la presente invención es indicar un sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* para vehículos de motor con una supervisión precisa, suficientemente rápida y siempre fiable del volante.

Este objetivo se logra mediante un sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* con las características de la reivindicación 1 y un procedimiento para determinar un estado de contacto con las características de la reivindicación 5. Perfeccionamientos ventajosos de la invención se mencionan en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con esto, está previsto un sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* para vehículos de motor con un actuador de dirección que actúa sobre las ruedas de dirección, regulado electrónicamente en función del deseo de dirección del conductor, con un actuador de retroalimentación que transmite la reacción de la carretera al volante y con una unidad de control que controla el actuador de retroalimentación y el actuador de dirección, presentando la unidad de control un estimador que comprende un observador y un modelo del actuador de retroalimentación, estando el estimador configurado para estimar un momento de dirección de conductor sobre la base de valores medidos del actuador de retroalimentación y con la ayuda del modelo y el observador y para proporcionarlo como resultado, y comprendiendo la unidad de control, además, una unidad de filtrado que está configurada para analizar los valores medidos del actuador de retroalimentación mediante la determinación de la atenuación de amplitudes de rangos de frecuencia predeterminados y para proporcionar el resultado, y además la unidad de control presenta, adicionalmente, una unidad de decisión que está construida para decidir, sobre la base de los resultados de la

unidad de filtrado y del estimador, si el conductor toca o no con las manos un volante.

5 Gracias a que, además de un estimador, el estado de contacto también se verifica analizando el espectro de frecuencia, la supervisión del volante del sistema de dirección de acuerdo con la invención funciona de forma rápida y siempre fiable.

La unidad de filtrado comprende preferiblemente un algoritmo de Goertzel para analizar solo partes del espectro de frecuencia.

10 El observador es preferiblemente un filtro de Kalman o, en el caso de sistemas no lineales, un "filtro de Kalman extendido".

15 En una forma de realización preferida está previsto que la unidad de decisión esté construida adicionalmente de tal manera que, si la precisión de la determinación del grado de atenuación es insuficiente, pueda enviar una señal de prueba al actuador de retroalimentación, pudiendo decidir la unidad de decisión, partiendo de la señal de prueba y con la ayuda de la unidad de filtrado y del estimador, de manera fiable, si el conductor toca o no con las manos el volante. El término "precisión suficiente" se refiere, a este respecto, al espectro de frecuencia medido y a si existen suficientes vibraciones, con la ayuda de las cuales se pueda determinar una posible atenuación de amplitudes en rangos de frecuencia predefinidos. Por ejemplo, en el transcurso de una operación de estacionamiento automática, es de esperar que las vibraciones en el volante sean demasiado pequeñas cuando el vehículo está parado. Por lo tanto, es necesaria una señal de prueba para tomar una decisión segura y fiable sobre si el conductor tiene las manos en el volante o no. La señal de prueba introducida preferiblemente no es perceptible por el conductor en el volante.

25 Además, está previsto un correspondiente procedimiento para determinar un estado de contacto entre al menos un conductor de un vehículo de motor con un sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* y un volante del sistema de dirección de tipo *steer-by-wire*, presentando el sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* un actuador de dirección controlado electrónicamente en función del deseo de dirección del conductor, un actuador de retroalimentación que transmite la reacción de la carretera al mando y una unidad de control que controla el actuador de retroalimentación y el actuador de dirección, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

a) determinar un espectro de frecuencia de las señales de movimiento que son detectadas por sensores del actuador de retroalimentación,

35 b) analizar el espectro de frecuencia con determinación de la atenuación de amplitudes de rangos de frecuencia predeterminados,

c) estimar el momento de dirección de conductor por medio de un observador adecuado del actuador de retroalimentación, de un modelo del actuador de retroalimentación y de las señales de movimiento.

40 Preferentemente está prevista una etapas de procedimiento d) que, si el análisis del espectro de frecuencia presenta una precisión suficiente, comprende determinar el estado de contacto mediante el análisis del momento de dirección de conductor estimado, del espectro de frecuencia y de la atenuación de las amplitudes de los intervalos de frecuencia predeterminados. Y más preferentemente, si la precisión del análisis del espectro de frecuencia es insuficiente, comprende las etapas

- suspender la decisión de si hay contacto,
- emitir una señal de prueba al actuador de retroalimentación. Después de lo cual, una vez generada la señal de prueba, se lleva a cabo el procedimiento para analizar la señal de prueba de acuerdo con las etapas de procedimiento a)-d).

50 El espectro de frecuencia se analiza preferentemente en la etapa b) mediante una comparación entre el espectro de frecuencia determinado y un espectro de frecuencia de referencia almacenado.

55 En una forma de realización preferida, se filtra el espectro de frecuencia determinado en la etapa b) y el análisis del espectro de frecuencia se lleva a cabo en función del rango de frecuencia filtrado del espectro de frecuencia.

Como ya se expuso anteriormente, el filtrado se lleva a cabo preferentemente mediante un algoritmo de Goertzel.

60 El observador es ventajosamente un "filtro de Kalman extendido".

Resulta ventajoso en el procedimiento que el modelo del actuador de retroalimentación incluya la inercia, la atenuación/fricción, la rigidez, la irregularidad y/o el tiempo muerto del sistema.

65 En una forma de realización preferida, las señales de movimiento comprenden un ángulo de dirección medido por el actuador de retroalimentación y un momento de torsión medido por el actuador de retroalimentación.

A continuación se explican más detalladamente formas de realización preferidas de la invención con ayuda de los dibujos. Componentes similares o equivalentes se designan con las mismas referencias en las figuras. Muestran:

- 5 la figura 1: una representación esquemática de un sistema de dirección de tipo *steer-by-wire*,
 la figura 2: un diagrama de bloques de un control del sistema de dirección de tipo *steer-by-wire*, y
 la figura 3: un diagrama de bloques con unidad de control y actuador de retroalimentación.

10 En la figura 1 se muestra una dirección de tipo *steer-by-wire* 1. Un sensor de ángulo de giro (no mostrado) está colocado en un eje de dirección 2 y detecta el momento de dirección de conductor aplicado al girar el volante 3. Además, un actuador de retroalimentación 4 está colocado en el eje de dirección 2 y sirve para transmitir la reacción de la carretera 70 al volante 3 y, por lo tanto, para proporcionar retroalimentación al conductor sobre el comportamiento de la dirección y la conducción del vehículo. El deseo de dirección del conductor se transmite a través del ángulo de giro del eje de dirección 2 medido por el sensor de ángulo de giro, a través de líneas de señal, a una unidad de control 5. La unidad de control 5 controla, en función de la señal del sensor de ángulo de giro y de otras variables de entrada, como, por ejemplo, la velocidad del vehículo, la velocidad de guiñada y similares, un actuador de dirección 6 eléctrico, que controla la posición de las ruedas dirigidas 7. El actuador de dirección 6 actúa a través de un mecanismo de dirección 8, así como de una barra de acoplamiento 9 y otros componentes, indirectamente sobre las ruedas dirigidas 7.

25 La figura 2 muestra la relación entre el actuador de retroalimentación 4, la unidad de control 5 y el actuador de dirección 6. El actuador de retroalimentación 4 presenta el sensor de ángulo de giro, un sensor de momento de torsión y un motor 10. El actuador de retroalimentación 4 se comunica con la unidad de control 5, que presenta un estimador 11. Como se muestra en la figura 3, el estimador 11 recibe señales del actuador de retroalimentación 4, que representan un ángulo de dirección aplicado al actuador de retroalimentación 4 y un momento de torsión.

30 El ángulo de dirección medido por el actuador de retroalimentación 4 por medio del sensor de ángulo de giro y el momento de torsión medido por medio del sensor de momento de torsión representan las variables de entrada para el estimador 11.

35 El estimador estima, a partir de estos valores medidos, un momento de dirección del conductor o un momento de dirección de conductor: el momento que el conductor aplica al volante. Para ello, el estimador utiliza un modelo 12 del actuador de retroalimentación 5 y un filtro de Kalman como observador.

40 Las siguientes propiedades físicas se tienen en cuenta, entre otras, como entrada para el modelo de estados 12 del actuador de retroalimentación 4: la inercia, la atenuación/fricción, la rigidez, la irregularidad y el tiempo muerto del sistema.

El concepto de un filtro de Kalman se refiere a un procedimiento para estimar el desarrollo temporal de sistemas lineales, mediante el cual se pueden eliminar interferencias de una señal de medición. Para ello, el filtro necesita un modelo del sistema que va a ser estimado.

45 Preferentemente se tienen en cuenta relaciones no lineales, de modo que el estimador se basa en un filtro Kalman extendido y en un modelo no lineal del actuador de retroalimentación.

50 Además del momento de dirección del conductor estimado, la atenuación de amplitudes de rangos de frecuencia predeterminados se determina por medio de un filtro 13 a partir del ángulo de dirección y el momento de torsión medidos por el actuador de retroalimentación.

55 Si el conductor abraza el volante 3, las vibraciones serán absorbidas en parte debido al nuevo sistema mecánico global y a las propiedades de atenuación modificadas. Los espectros de frecuencias del volante no agarrado difieren característicamente de los del volante agarrado. Por lo tanto, la diferencia entre el estado de *hands-on* y *hands-off* es visible en el espectro de frecuencia de las señales de sensor medidas del actuador de retroalimentación 4.

60 A este respecto, resulta ventajoso que solo se utilicen ciertos rangos de frecuencia. Se sabe, por ejemplo, que en rangos de frecuencia más altos se pueden detectar vibraciones características que se componen de vibraciones procedentes del entorno del volante. Si ahora se agarra el volante, estos rangos de frecuencia varían en consecuencia, lo que entonces se puede detectar.

Un algoritmo de Goertzel analiza preferentemente solo determinados rangos de frecuencia sobre la base de los cuales se efectúa la supervisión del volante.

65 Por lo tanto, hay dos estimaciones realizadas casi independientemente la una de la otra, que se relacionan entre sí en una etapa de evaluación final de una unidad de decisión 14, con el fin de determinar de manera fiable si se toca o

no el volante con las manos o si hay o no un momento de dirección de conductor sobre el volante.

5 Si las vibraciones que se producen durante la conducción no son suficientes para determinar la atenuación de las amplitudes en los rangos de frecuencia predeterminados, se introduce adicionalmente una señal de prueba 15 de una determinada intensidad y amplitud en el actuador de retroalimentación 4 por medio del motor de retroalimentación 10 y se genera una oscilación simétrica en el volante 3. A continuación, basándose en el momento de dirección de conductor estimado y por medio del análisis de frecuencias del filtro de Goertzel, se detecta una influencia en el actuador de retroalimentación 4 al tocar el volante 3 y se determina con ello el estado operativo actual (*hands-on/off*).

10 Si el vehículo se encuentra en un desplazamiento en curva y se determina una situación de *hands-off* en el volante 3, puede ser necesario mover el volante 3 de vuelta a la posición neutra para permitir la conducción en línea recta. Cuando el volante 3 vuelve a la posición neutra, se ajusta la sensación de dirección aplicada al volante 3. Por "se ajusta" ha de entenderse que, a través de una mayor fricción o atenuación ajustables en función de la velocidad del vehículo y del ángulo de dirección y de la orientación de la dirección, resulta posible un restablecimiento uniforme y, por lo tanto, se proporciona al conductor una sensación de dirección lo más natural posible en la nueva situación de *hands-on*.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* (1) para vehículos de motor con un actuador de dirección (6) que actúa sobre las ruedas dirigidas (7) y que está regulado electrónicamente en función del deseo de dirección del conductor, con un actuador de retroalimentación (4) que transmite la reacción de la carretera (70) a un mando, y con una unidad de control (5) que controla el actuador de retroalimentación (4) y el actuador de dirección (6), presentando la unidad de control (5) un estimador (11) que comprende un observador y un modelo (12) del actuador de retroalimentación (4), estando el estimador (11) configurado para estimar un momento de dirección del conductor sobre la base de valores medidos del actuador de retroalimentación (4), y con la ayuda del modelo (12) y del observador, y para proporcionarlo como resultado, comprendiendo la unidad de control (5), además, una unidad de filtrado (13) que está configurada para analizar los valores medidos del actuador de retroalimentación (4) mediante la determinación de la atenuación de amplitudes de rangos de frecuencia predeterminados y para proporcionar el resultado, y comprendiendo la unidad de control (5), además, una unidad de decisión (14) que está construida para decidir, sobre la base de los resultados de la unidad de filtrado (13) y del estimador (11), si el conductor toca o no con las manos un volante (3).
2. Sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la unidad de filtrado (13) comprende un algoritmo de Goertzel.
3. Sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el observador es un filtro de Kalman extendido.
4. Sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad de decisión (14) está construida, además, de tal manera que, si la precisión de la determinación de la atenuación en la unidad de filtrado (13) es insuficiente, puede enviar una señal de prueba (15) al actuador de retroalimentación (4), pudiendo decidir la unidad de decisión (14), basándose en la señal de prueba y con la ayuda de la unidad de filtrado (13) y del estimador (11), de manera fiable, si el conductor toca o no con las manos el volante (3).
5. Procedimiento para determinar un estado de contacto entre al menos un conductor de un vehículo de motor con un sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* (1) y un volante (3) del sistema de dirección de tipo *steer-by-wire*, presentando el sistema de dirección de tipo *steer-by-wire* un actuador de dirección (6) controlado electrónicamente en función del deseo de dirección del conductor, un actuador de retroalimentación (4) que transmite la reacción de la carretera (70) al volante (3) y una unidad de control (4) que controla el actuador de retroalimentación (4) y el actuador de dirección (6), comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
- a) determinar un espectro de frecuencia de las señales de movimiento que son detectadas por sensores del actuador de retroalimentación (4),
 - b) analizar el espectro de frecuencia con determinación de la atenuación de amplitudes de rangos de frecuencia predeterminados,
 - c) estimar el momento de dirección de conductor por medio de un observador adecuado del actuador de retroalimentación, de un modelo (12) del actuador de retroalimentación (4) y de las señales de movimiento.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el procedimiento presenta, además, las siguientes etapas:
- d) si el análisis del espectro de frecuencia presenta una precisión suficiente, determinar el estado de contacto analizando el momento de dirección de conductor estimado, el espectro de frecuencia y la atenuación de las amplitudes de los rangos de frecuencia predeterminados.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la etapa de procedimiento d) comprende, además, las siguientes etapas:
- suspender la decisión de si hay contacto,
 - emitir una señal de prueba (15) al actuador de retroalimentación (4)
- y, después, llevar a cabo el procedimiento para analizar la señal de prueba de acuerdo con las etapas de procedimiento a)-d).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado por que** el análisis del espectro de frecuencia en la etapa b) tiene lugar mediante la comparación entre el espectro de frecuencia determinado y un espectro de frecuencia de referencia almacenado.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado por que** en la etapa b) se filtra el espectro de frecuencia determinado y el análisis del espectro de frecuencia tiene lugar en función del rango de frecuencia

filtrado del espectro de frecuencia.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** el filtrado comprende un algoritmo de Goertzel.

5 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 10, **caracterizado por que** el observador es un "filtro de Kalman extendido".

10 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 11, **caracterizado por que** el modelo (12) del actuador de retroalimentación (4) incluye la inercia, la atenuación/fricción, la rigidez, la irregularidad y/o el tiempo muerto del sistema.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 12, **caracterizado porque** las señales de movimiento comprenden un ángulo de giro del eje de dirección (2) medido por el actuador de retroalimentación (4) y un momento de torsión medido por el actuador de retroalimentación (4).

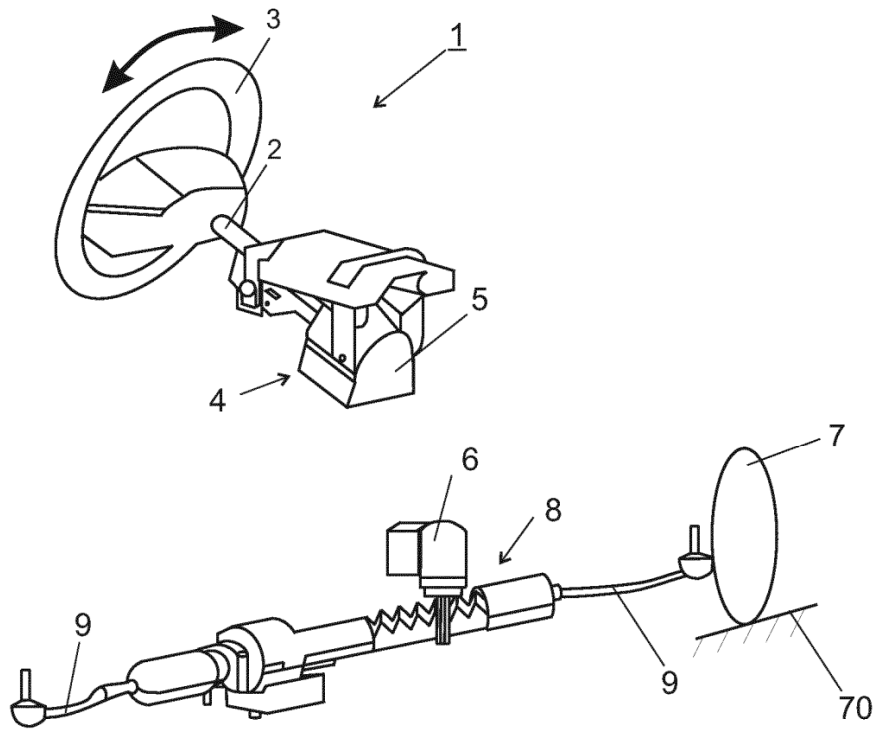


Figura 1

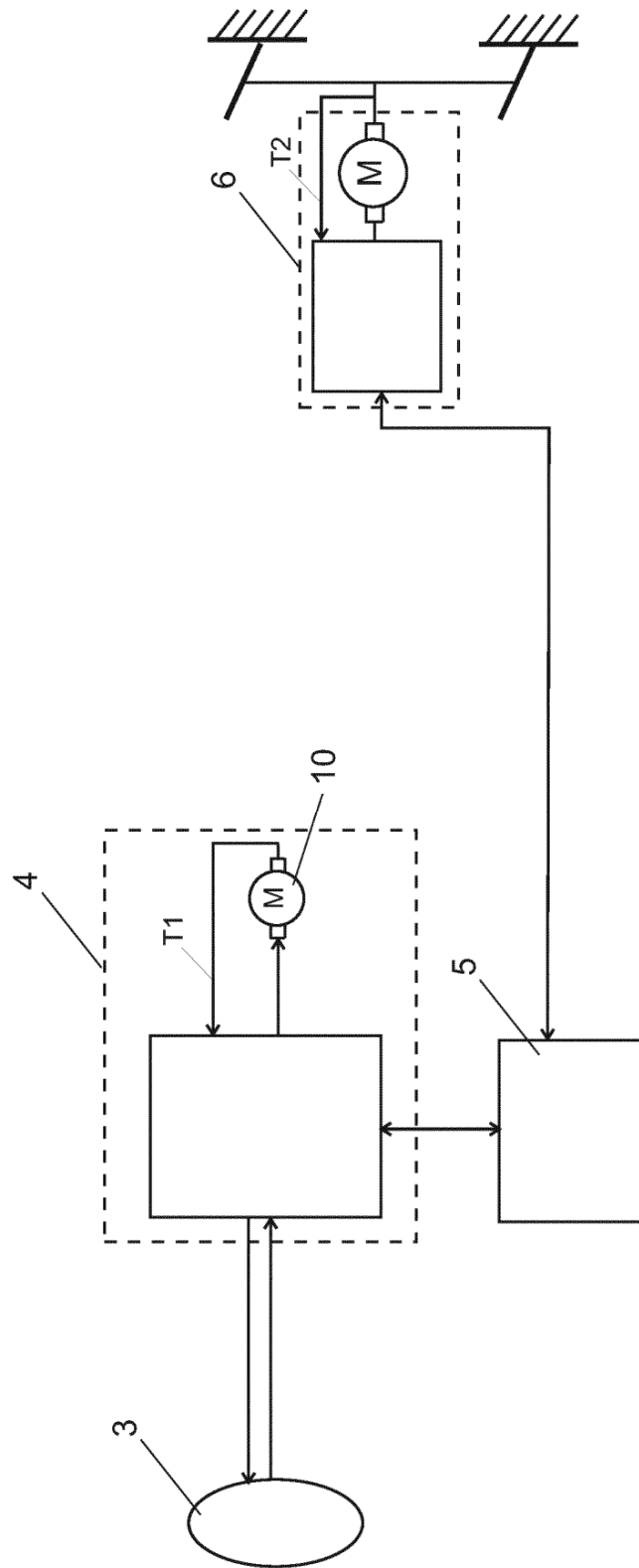


Figura 2

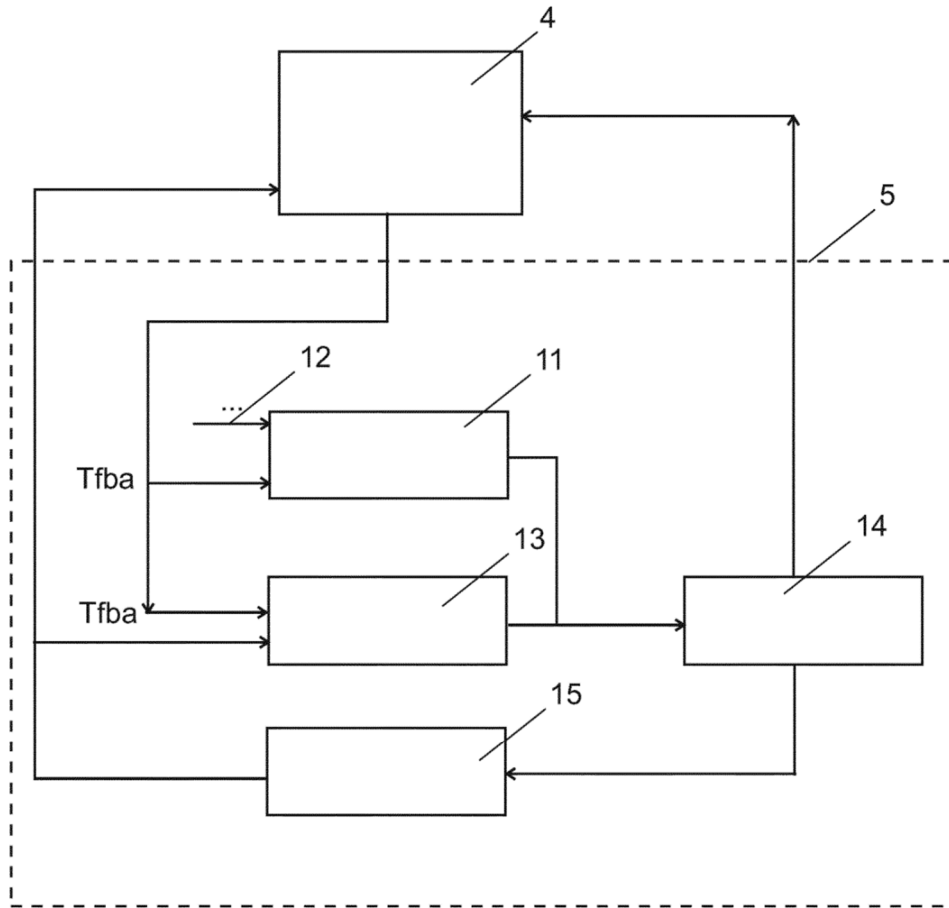


Fig. 3