(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 791 952**

(51) Int. Cl.:

G05B 9/02 (2006.01)
G06F 11/07 (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01)
G05B 19/042 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2016** **PCT/EP2016/052531**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **10.08.2017** **WO17133788**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2016** **E 16704414 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020** **EP 3411757**

(54) Título: **Dispositivo de vigilancia externo con soporte de regeneración inversa integrado**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.11.2020

(73) Titular/es:

THYSSENKRUPP PRESTA AG (50.0%)
Essanestrasse 10
9492 Eschen, LI y
THYSSENKRUPP AG (50.0%)

(72) Inventor/es:

THIMÁR, ZOLTÁN

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 791 952 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

Dispositivo de vigilancia externo con soporte de regeneración inversa integrado

La presente invención se refiere a un sistema de servodirección eléctrica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

La seguridad funcional es una cuestión clave para los dispositivos automotrices, en particular, los dispositivos automotrices utilizados en vehículos. Con el aumento de la complejidad tecnológica, el contenido de software y la implementación mecatrónica existe un riesgo cada vez mayor de fallos sistemáticos y fallos de hardware aleatorios. Las unidades de control electrónico (ECU) se proporcionan dentro de un vehículo para realizar todo tipo de funciones diferentes. Estas unidades de control electrónico comprenden unidades de microcontrolador (MCU) o microprocesadores para controlar dispositivos para realizar estas distintas funciones. Existe el riesgo de que un microcontrolador de la ECU tenga un mal funcionamiento. En las unidades de control externo de ECU convencionales, los llamados dispositivos de vigilancia (WD) externos, se han utilizado para aumentar la seguridad funcional con respecto a una función específica proporcionada por el microcontrolador de la ECU y sus componentes periféricos. Por ejemplo, en un sistema convencional, se puede proporcionar una unidad de vigilancia externa que supervise las frecuencias de reloj. Los sistemas a prueba de averías de un solo microprocesador pueden detectar fallos críticos y llevar el sistema a un estado seguro.

El documento JP-A-2004-265322 desvela un aparato de supervisión de fallos con un dispositivo de vigilancia para microordenadores, que es capaz de supervisar un funcionamiento incorrecto de la MCU. El WD supervisa cualquier anomalía en la MCU y además cuenta el número de veces aparición de funcionamientos anómalos de la MCU. Siempre que el número de veces de aparición del funcionamiento anómalo sea menor que un número de veces de referencia, el WD genera una señal de reinicio pulsada e intenta restablecer la MCU a su estado normal. Si el número de veces de aparición de un funcionamiento anómalo supera el número de veces de referencia, el WD genera una señal de reinicio de espera y detiene el control mediante la MCU.

Sin embargo, si el objeto controlado del microordenador es un motor eléctrico, se detiene inmediatamente cuando aparece un funcionamiento anómalo en el microordenador. En caso de asistencia de dirección en un aparato de servodirección eléctrica, esto ocasiona una pérdida repentina de asistencia. Esto es muy desagradable para el conductor, porque la respuesta de la dirección no es habitual, lo cual dificulta la dirección del vehículo.

Las soluciones convencionales para sistemas de asistencia de dirección a prueba de averías son, por tanto, sistemas completamente redundantes con dos o más microprocesadores, que son costosos.

El documento US 2015/01178144 A1 desvela un dispositivo de vigilancia que detecta un funcionamiento anómalo de la MCU, un dispositivo de control a prueba de averías que ejecuta una operación de control a prueba de averías, un primer dispositivo de reinicio que emite una señal de reinicio para reiniciar la MCU durante un tiempo predeterminado, un dispositivo de conteo que cuenta un número de veces de aparición del funcionamiento anómalo y un segundo dispositivo de reinicio que emite la señal de reinicio y mantiene una salida de la señal de reinicio cuando el número de veces de aparición alcanza un número predeterminado de veces. Cuando aparece un funcionamiento anómalo en la MCU, el funcionamiento se restablece al estado normal mediante una señal de reinicio, el control a prueba de averías se lleva a cabo como control por parte de la MCU. En el control a prueba de averías, el objeto controlado se controla en el lado de seguridad, de modo que, incluso cuando aparece una anomalía en el control normal, puede que no aparezca ninguna anomalía en el control a prueba de averías. Por lo tanto, Es posible aumentar la posibilidad de que se continúe el control por parte de la MCU tanto como sea posible teniendo en cuenta la seguridad.

Una desventaja es que las variables de estado se pierden durante el reinicio.

El documento DE 10 2011 054435 A1 desvela un aparato de servodirección eléctrica que también tiene la desventaja mencionada anteriormente.

Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato de servodirección eléctrica con una MCU a prueba de averías, que continúe el control electrónico de una manera segura y fácil de usar, incluso si aparece un fallo en el funcionamiento de la MCU.

Este problema se resuelve con un aparato de servodirección eléctrica con las características enumeradas en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas de la invención son objeto de las reivindicaciones secundarias.

Por consiguiente, se proporciona un aparato de servodirección eléctrica para asistir a la dirección de un vehículo de motor al conferir par generado por un motor eléctrico a un mecanismo de dirección, comprendiendo el aparato un controlador de dirección, que recibe señales representativas de al menos el par aplicado a un volante de dirección y que determina un par motor objetivo, con una MCU y un WD y un controlador de motor que comprende un inversor, que transforma los voltajes objetivo que se han generado sobre la base del par motor objetivo, en corrientes

motoras, en donde el WD comprende una memoria, en la que se almacenan variables de estado de la MCU y un temporizador que supervisa un tiempo de inactividad de la MCU, y en donde la MCU y el WD están vinculados a través de un bus de comunicación y una línea de reinicio.

El WD se utiliza para restablecer el sistema a un valor conocido en caso de funcionamiento anómalo. Para ello, se lleva a cabo un almacenamiento regular del estado del sistema.

Preferentemente, el WD transmite las variables de estado almacenadas y/o el tiempo de inactividad a petición de la MCU a la MCU a través del bus de comunicación. A continuación, el bus de comunicación también se describe como línea de comunicación.

En una realización preferida, el WD detecta un funcionamiento anómalo de la MCU y reinicia la MCU.

Preferentemente, la MCU se regenera inversamente con las variables de estado del WD, si el tiempo de inactividad es inferior a un valor umbral predefinido. El proceso de regeneración inversa tiene un tiempo limitado, hay que asegurarse de que se produzca completamente en el tiempo de seguridad del proceso.

También se prefiere que la MCU se inicie en estado seguro, si el tiempo de inactividad es superior a un valor umbral predefinido.

El objeto de la presente invención se logra adicionalmente mediante un método de control de la MCU en un aparato de servodirección eléctrica que tiene las características de la reivindicación 7. Las realizaciones preferidas del método son el objeto de la reivindicación secundaria.

En consecuencia, se proporciona un método de control de la MCU, con las siguientes etapas:

Almacenamiento de variables de estado de MCU en la memoria del WD;

determinación del funcionamiento anómalo de la MCU;

en caso de funcionamiento anómalo, reinicio de la MCU y comienzo de la medición del tiempo de inactividad de un temporizador del WD;

petición de variables de estado de la memoria del WD por parte de la MCU;

restablecimiento de variables de estado por parte de la MCU;

petición de tiempo de inactividad por parte de la MCU desde el temporizador del WD;

envío de tiempo de inactividad por parte del WD;

si el tiempo de inactividad es inferior a un valor umbral predefinido, funcionamiento de la MCU con variables de estado restablecidas;

si el tiempo de inactividad es superior al valor umbral predefinido, inicio de la MCU en estado seguro.

En una realización preferida, el WD determina la funcionamiento anómalo de la MCU, que, basándose en la determinación, reinicia la MCU.

Las realizaciones preferidas de la presente invención se describirán con referencia a los dibujos. En todas las figuras, los mismos signos de referencia indican los mismos componentes o componentes funcionalmente similares.

La Figura 1 muestra una ilustración esquemática de un aparato de servodirección eléctrica;

la Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra una estructura eléctrica del aparato de servodirección eléctrica;

la Figura 3 muestra en detalle la estructura eléctrica de la unidad de control electrónico del aparato de servodirección eléctrica;

la Figura 4 muestra un diagrama de flujo de comunicación entre la MCU y el WD con el reinicio iniciado por el WD de la MCU en la ECU; y

la Figura 5 muestra un diagrama de flujo de comunicación entre la MCU y el WD con el reinicio automático de la MCU en la ECU.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de servodirección eléctrica 1. Un volante de dirección 2 está fijado a un eje de dirección 3, y el eje de dirección 3 está acoplado a una cremallera 4 a través de un mecanismo de piñón y cremallera 5. La rotación del eje de dirección 3 que acompaña a una operación de dirección se convierte en un movimiento lineal alternativo de la rejilla dentada 4 mediante el mecanismo de piñón y cremallera 5. El movimiento lineal de la cremallera 4 cambia el ángulo de dirección de las ruedas de dirección 6. Para proporcionar asistencia de dirección, un motor eléctrico 7 montado en el lateral del alojamiento de la cremallera acciona un mecanismo de rosca de bolas 8 a través de una correa de goma dentada 9.

La asistencia de potencia eléctrica se proporciona a través de un controlador de dirección 10 y un accionador de asistencia de potencia 11 que comprende el motor eléctrico 7 y un controlador de motor 12. El controlador de dirección 10 recibe señales representativas de la velocidad del vehículo v y el par T_{ts} aplicado al volante de dirección 2 por el operario del vehículo. En respuesta a la velocidad del vehículo v, el par del operario T_{ts}, el controlador 10 determina el par motor objetivo T_d y proporciona la señal a través del controlador de motor 12, donde se calculan los ciclos de trabajo para producir las corrientes de fase.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques de la estructura eléctrica del aparato de servodirección eléctrica 1. El controlador de dirección 10 recibe señales representativas de la velocidad del vehículo v y el par T_{TS} aplicado al volante de dirección 2 por el operario del vehículo y obtiene el par motor objetivo T_d. Este par motor objetivo T_d se alimenta al controlador de motor 12 que determina la entrada de voltaje U1 para el inversor 14. El inversor 14 transforma los voltajes resultantes en el sistema de coordenadas simétricas trifásicas del motor 7 en corrientes del motor $I1 = I_U, I_V, I_W$.

El sistema a prueba de averías de la MCU 15 se muestra en detalle en la figura 3.

El controlador de dirección 10 comprende una MCU 15 y un WD 16 externo. Un bus de comunicación 17 y una línea de reinicio 18 vinculan la MCU 15 y el WD 16. El WD 16 comprende una lógica central 19, una memoria 20 y un temporizador 21. La MCU 15 y el WD 16 funcionan en paralelo.

La Figura 4 muestra la comunicación entre la MCU 15 y el WD 16 en caso de que el WD 16 activase el reinicio de la MCU 15. Durante el funcionamiento normal, la MCU 15 envía periódicamente sus variables de estado 22, a través del bus de comunicación 17, al dispositivo de vigilancia 16. Esta información se almacena 23 en la memoria del WD 20. El WD 16 determina 24 si la MCU 15 funciona correctamente. En un estado anómalo, el WD 16 reinicia 25 la MCU 15 en un estado normal. A través de la línea de reinicio 18, el WD 16 supervisa el reinicio y el tiempo transcurrido 26 en el temporizador 21. La MCU 15 restablece 29 sus variables de estado a través del bus de comunicación 17 mediante una petición 27 al WD. Después del restablecimiento 29 de las variables de estado desde la memoria 28, la MCU 15 consulta 30, 31 el tiempo de inactividad desde el temporizador del WD 21. Si el tiempo de inactividad es suficientemente corto, se supone que las variables de estado siguen siendo válidas, la MCU 15 continúa funcionando desde donde se detuvo 32, de lo contrario, permanece en estado seguro 33 sin funcionamiento.

La Figura 5 muestra la comunicación entre la MCU 15 y el WD 16 en caso de que la MCU 15 se reinicie automáticamente.

Durante el funcionamiento normal, la MCU 15 envía periódicamente sus variables de estado 22, a través del bus de comunicación 17, al dispositivo de vigilancia 16. Esta información se almacena 23 en la memoria 20 del WD 16. La MCU 15 determina si funciona correctamente 25'. En un estado anómalo, la MCU 15 se reinicia automáticamente 25". A través de la línea de reinicio 18, el WD 16 supervisa el tiempo transcurrido 26 en el temporizador 21. La MCU 15 restablece 29 sus variables de estado 22 a través del bus de comunicación 17 mediante una petición 27 al WD 16. Después del restablecimiento de las variables de estado desde la memoria 28, 29, la MCU 15 consulta 30, 31 el tiempo de inactividad desde el temporizador del WD 21. Si el tiempo de inactividad es suficientemente corto para suponer que las variables de estado siguen siendo válidas, la MCU continúa funcionando 32 basándose en variables de estado almacenadas, de lo contrario, permanece en estado seguro 33 sin funcionamiento.

La regeneración inversa inventiva permite un control electrónico continuo por parte de la MCU, incluso si aparece un fallo durante el funcionamiento. Proporciona una solución segura estándar para sistemas operativos con averías, que no se limita a determinados microcontroladores ni plataformas de hardware.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de servodirección eléctrica (1) para asistir a la dirección de un vehículo de motor al conferir par generado por un motor eléctrico (7) a un mecanismo de dirección (5), comprendiendo el aparato (1):

- un controlador de dirección (10), que recibe señales representativas de, al menos, el par (T_{ts}) aplicado a un volante de dirección (2) y que determina un par motor objetivo (T_d), con una unidad de microcontrolador, MCU (15), y un dispositivo de vigilancia, WD (16);
- un controlador de motor (12) que comprende un inversor (14) que transforma, a partir del par motor objetivo (T_d), voltajes objetivo generados (U1) en corrientes de motor (I1),

caracterizado por que el WD (16) comprende una memoria (20), en la que se almacenan variables de estado de la MCU (15), y un temporizador (21) que supervisa un tiempo de inactividad de la MCU (15), en donde la MCU (15) y el WD (16) están enlazados a través de un bus de comunicación (17) y una línea de reinicio (18).

2. El aparato de servodirección eléctrica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el WD (16) transmite (28) las variables de estado almacenadas, mediante una petición (27) de la MCU (15), a la MCU (15) a través del bus de comunicación (17).

3. El aparato de servodirección eléctrica (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el WD (16) transmite (31) el tiempo de inactividad, mediante una petición (30) de la MCU (15), a la MCU (15) a través del bus de comunicación (17).

4. El aparato de servodirección eléctrica (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el WD (16) detecta un funcionamiento anómalo (24) de la MCU (15) y reinicia (25) la MCU (15).

5. El aparato de servodirección eléctrica (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la MCU (15) se regenera inversamente con las variables de estado del WD (16), si el tiempo de inactividad es inferior a un valor umbral predefinido.

6. El aparato de servodirección eléctrica (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la MCU (15) está en estado seguro si el tiempo de inactividad es superior a un valor umbral predefinido.

7. Método de control de la unidad de microcontrolador, MCU (15), en un aparato de servodirección eléctrica (1) para asistir a la dirección de un vehículo de motor al conferir par generado por un motor eléctrico (7) a un mecanismo de dirección (5), comprendiendo el aparato (1):

- un controlador de dirección (10), que recibe señales representativas de, al menos, el par (T_{ts}) aplicado a un volante de dirección (2) y que determina un par motor objetivo (T_d) con la MCU (15) y un dispositivo de vigilancia, WD (16);
- un controlador de motor (12) que comprende un inversor (14) que transforma, a partir del par motor objetivo (T_d), voltajes objetivo generados (U1) en corrientes de motor (I1),

caracterizado por que el método comprende las siguientes etapas:

Almacenamiento (23) de variables de estado de la MCU (15) en una memoria (20) del WD (16);
determinación (24, 25') de un funcionamiento anómalo de la MCU (15);
en caso de funcionamiento anómalo, reinicio (25, 25") de la MCU (15) y comienzo (26) de la medición del tiempo de inactividad con un temporizador del WD (21);
petición (27) de las variables de estado de la MCU desde la memoria del WD (20) por parte de la MCU (15);
restablecimiento (29) de las variables de estado por parte de la MCU (15);
petición (30) del tiempo de inactividad por parte de la MCU (15) desde el temporizador del WD (21);
envío (31) del tiempo de inactividad por parte del WD (16);
si el tiempo de inactividad es inferior a un valor umbral predefinido, funcionamiento de la MCU (15) con las variables de estado (22) restablecidas;
si el tiempo de inactividad es superior al valor umbral predefinido, inicio de la MCU (15) en estado seguro (33).

8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** la determinación (24) del funcionamiento anómalo de la MCU (15) es realizada por el WD (16) que, basándose en la determinación, reinicia (25) la MCU (15).

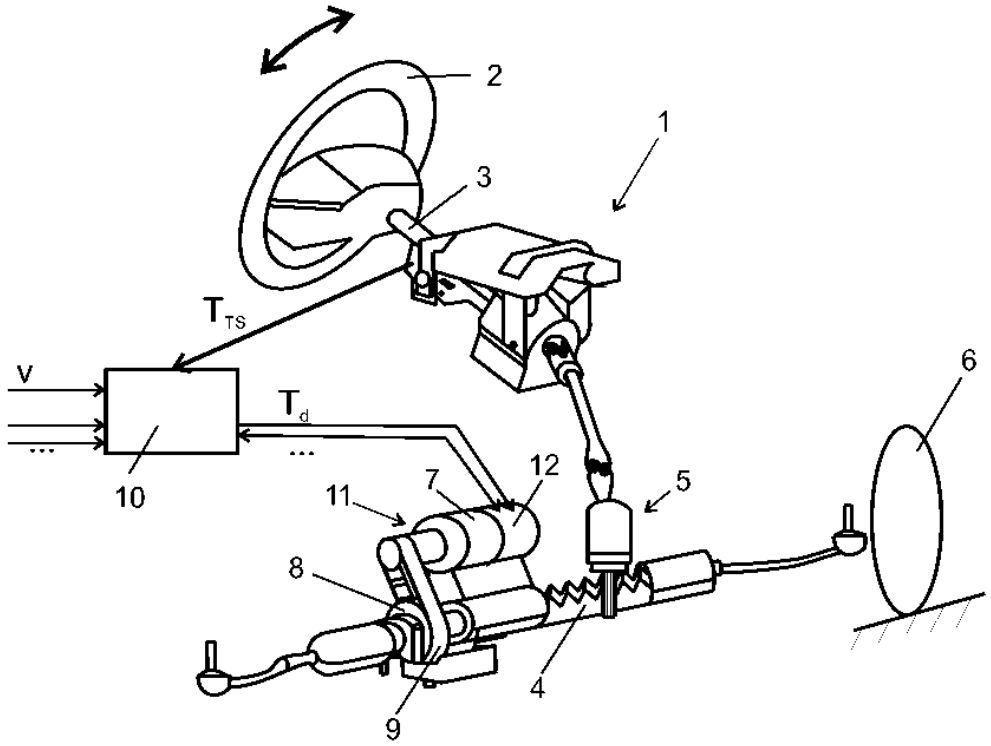

Fig. 1

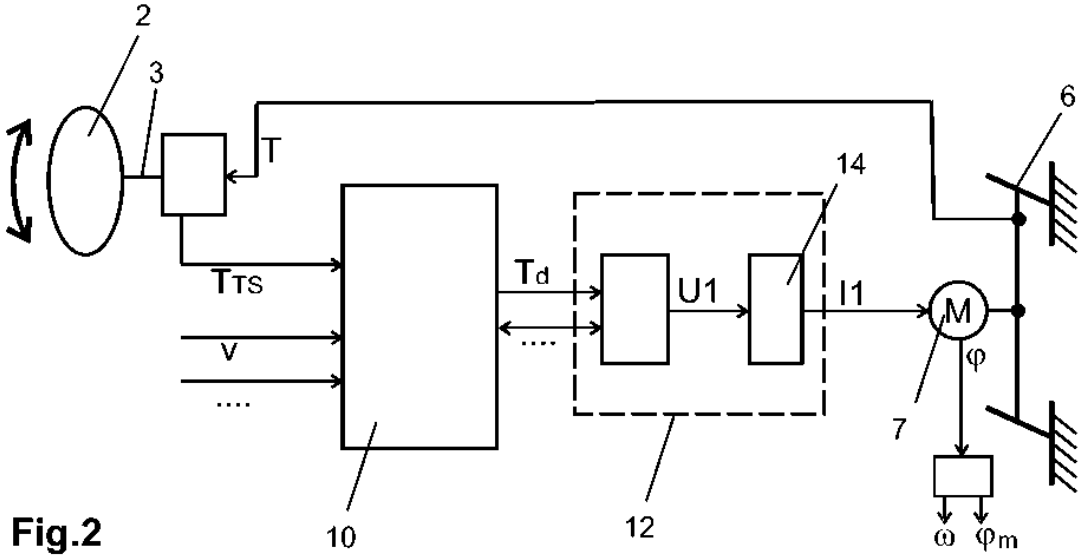

Fig.2

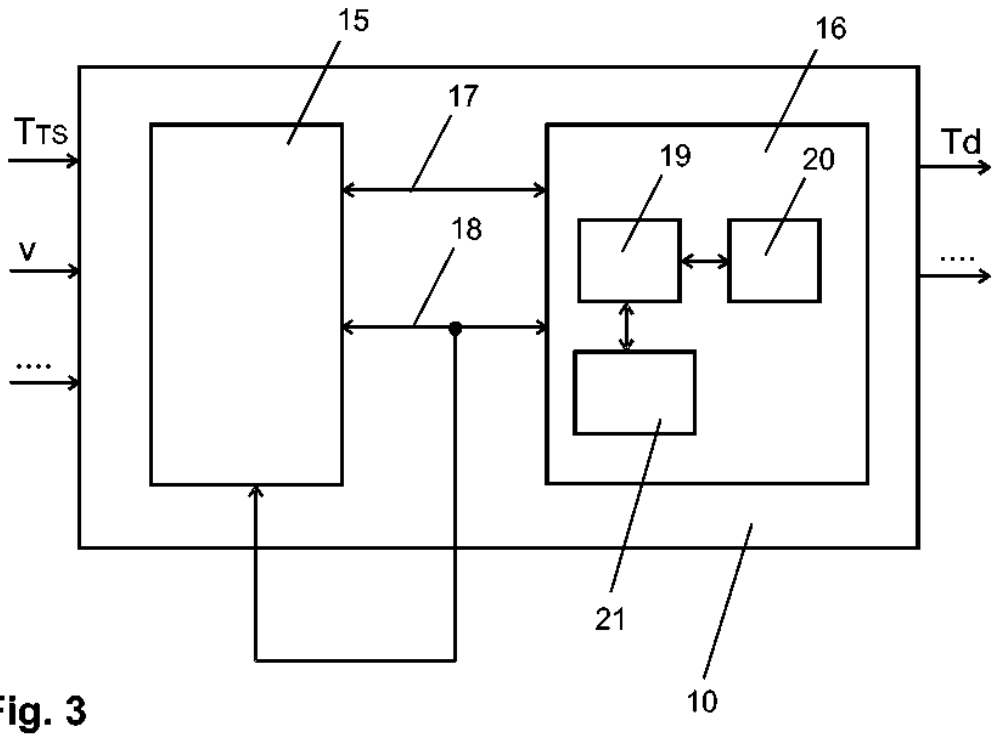

Fig. 3

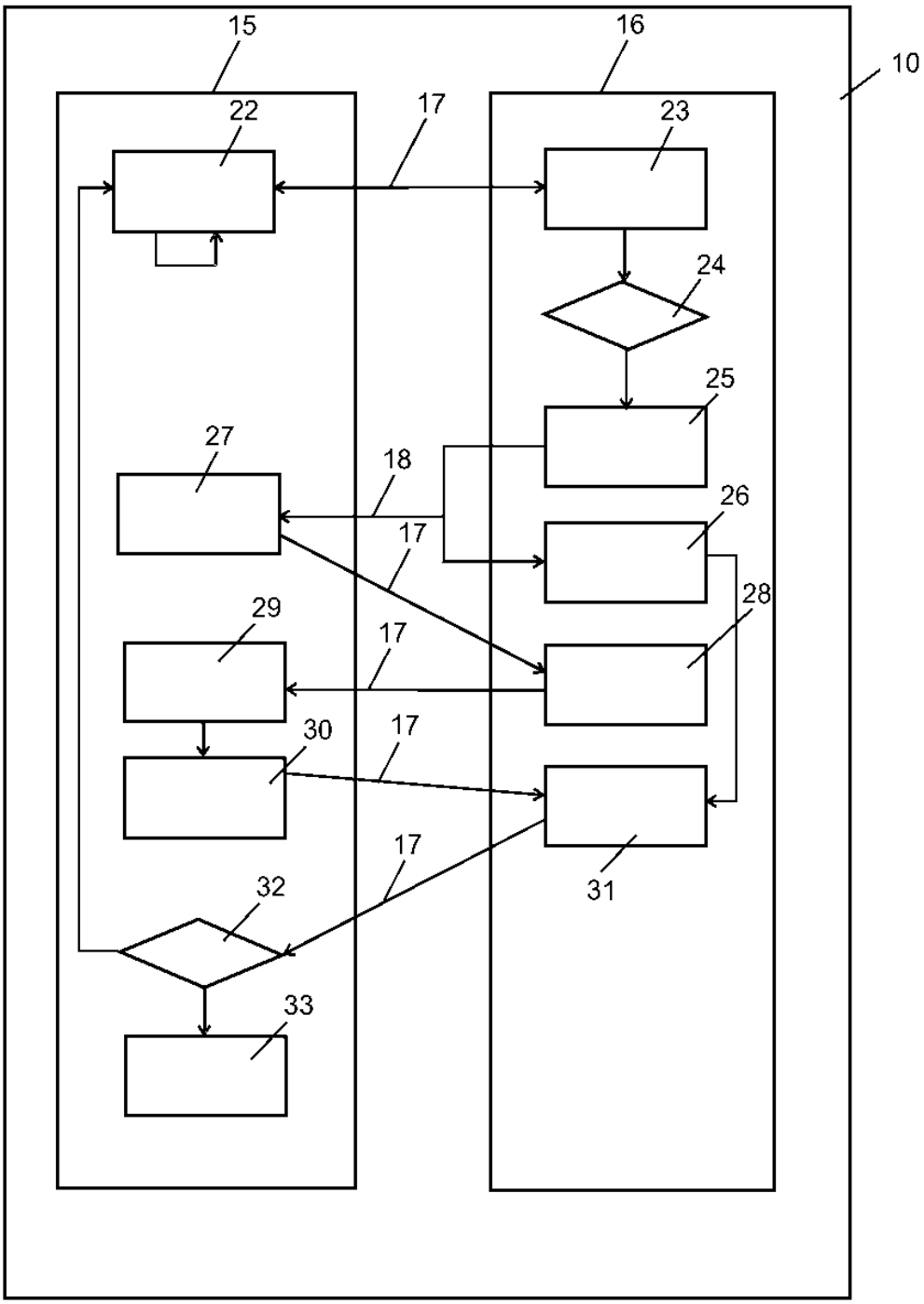

Fig. 4

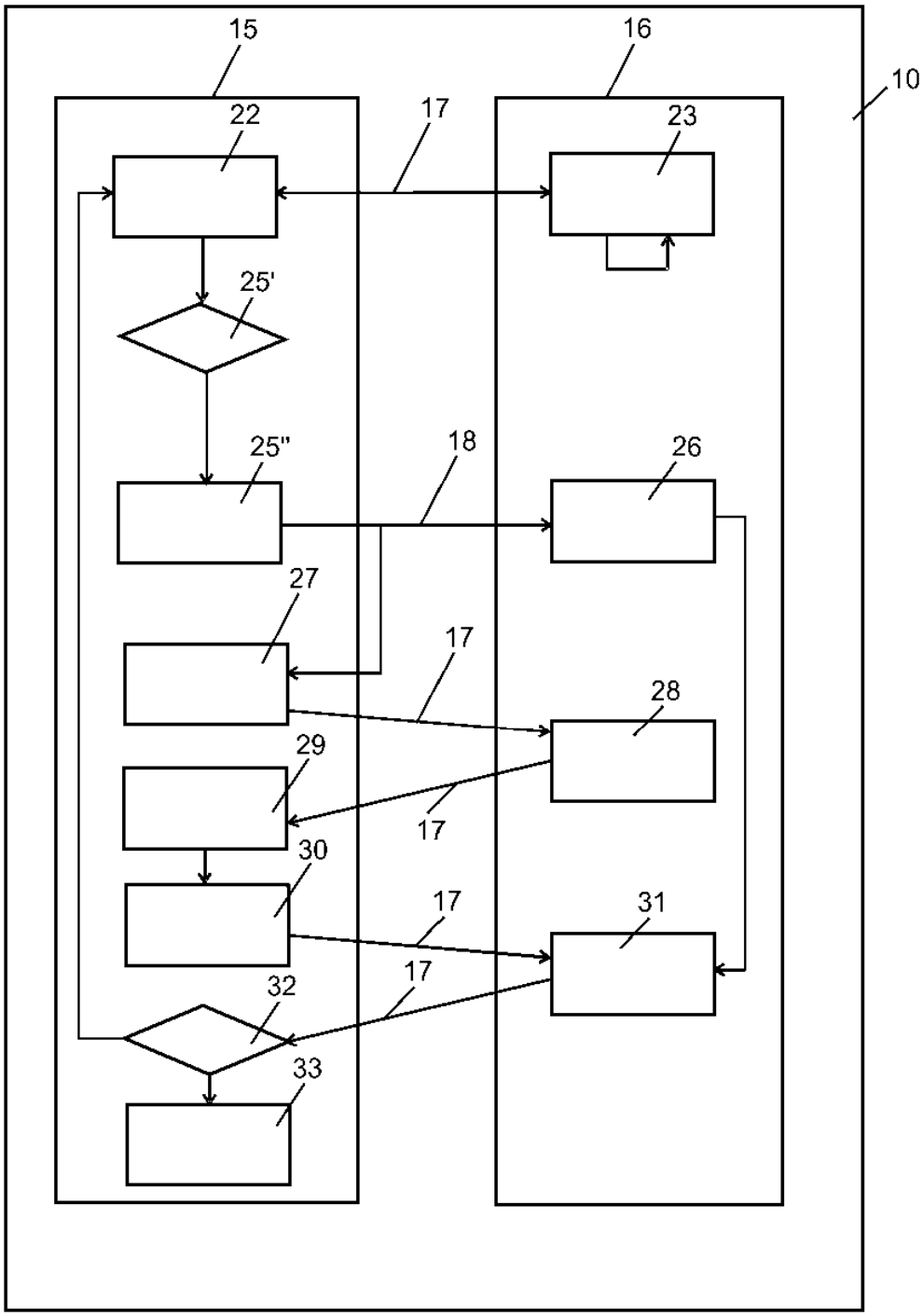

Fig. 5