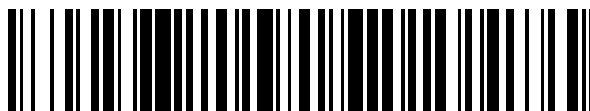


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 289**

51 Int. Cl.:

B61L 25/02 (2006.01)

G01P 3/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2013 E 13713787 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016 EP 2828138**

54 Título: **Procedimiento de control del funcionamiento de un sistema de posicionamiento de un tren**

30 Prioridad:

20.03.2012 FR 1252487

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

13.10.2016

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)
48 rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen, FR**

72 Inventor/es:

ORION, JACQUES

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 586 289 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

Procedimiento de control del funcionamiento de un sistema de posicionamiento de un tren

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de control del funcionamiento de un sistema de posicionamiento de un tren. Se propone igualmente un vehículo ferroviario que consta de un dispositivo adaptado para aplicar el procedimiento.
- [0002]** Para evitar que se produzca una colisión entre dos trenes y garantizar que el espacio entre dos trenes sea suficiente, es necesario conocer la posición del tren en la vía. Es por ello conveniente disponer de un sistema de posicionamiento de tren que garantice una buena seguridad.
- 10 **[0003]** Se conocen unos sistemas de posicionamiento de un tren que utiliza una rueda fónica conectada a un eje. La rueda es dentada y coopera con cuatro sensores de detección de la presencia de un diente, siendo llevados los cuatros sensores por el vehículo. Tres de los cuatro sensores están dispuestos de manera que puedan obtener un posicionamiento del tren basado en la detección de la presencia o de la ausencia de un diente de la rueda fónica. El cuarto sensor es un sensor denominado de «coherencia» que controla el buen funcionamiento del sistema de posicionamiento cuando el tren está en movimiento. El cuarto sensor está usualmente en fase con el primer sensor. Una prueba se lleva a cabo en parada igualmente para asegurarse del buen funcionamiento del sistema.
- 15 **[0004]** No obstante, este cuarto sensor puede averiarse. Además, la adquisición de un cuarto sensor específico y de una unidad que pueda efectuar la prueba en parada resulta costosa. Se desea de este modo liberarse del empleo de este cuarto sensor y de la unidad que efectúa la prueba a la vez que se garantice la misma fiabilidad del sistema del posicionamiento de un tren.
- 20 **[0005]** El documento EP 1 475 292 A1 describe un procedimiento y un dispositivo para la detección de los errores en la sucesión de impulsos.
- [0006]** Existe por tanto una necesidad para procedimiento de control del funcionamiento de un sistema de posicionamiento de un tren que sea más fácil de aplicar.
- 25 **[0007]** Para ello, la invención propone un procedimiento de control del funcionamiento de un sistema de posicionamiento de un tren, constando el sistema de una rueda fónica dentada, un primer sensor de detección de la presencia de un diente, un segundo sensor de detección de la presencia de un diente y un tercer sensor de detección de la presencia de un diente, estando dispuestos los tres sensores espacialmente de manera que al menos seis posiciones posibles y diferentes de la rueda se puedan representar por al menos seis estados lógicos posibles de los tres sensores, siendo los seis estados diferentes. Constando el procedimiento de una etapa de detección de estados correspondientes a las señales proporcionadas por los tres sensores.
- 30 **[0008]** El procedimiento comprende también las etapas de comparación de los estados detectados con los seis estados lógicos posibles y de determinación del estado de funcionamiento del sistema en función de la comparación.
- [0009]** Según otras características de la invención, tomadas por separado o en combinación:
- 35 - se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema a la etapa de determinación cuando el estado detectado no es uno de los seis estados lógicos.
- el paso de un estado lógico a otro se rige por unas relaciones de paso y el procedimiento consta además de una etapa de verificación de la conformidad de la sucesión de los estados detectados con las relaciones de paso,
- 40 - se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema a la etapa de determinación cuando la sucesión de los estados detectados no es conforme a las relaciones de paso,
- 45 - los seis estados lógicos consecutivos están marcados por unos números enteros sucesivos, siendo las relaciones de pasos $D2 = (D1 - 1 \pm 1) [6] + 1$ con D1 y D2 los números de los estados detectados y [] es la operación matemática módulo.
- 50 - cada sensor presenta una relación cíclica, el primer sensor y el segundo sensor se desplazan de un primer

desplazamiento con respecto a un diente en un sentido de rotación, el segundo sensor y el tercer sensor se desplazan de un segundo desplazamiento con respecto a un diente en el mismo sentido de rotación cada desplazamiento tiene un valor de $120^\circ \pm x$, estando comprendido x entre 0 y 60° .

5 - la relación cíclica de cada sensor está comprendida entre $(180 - x)/360$ y $(180 + x)/360$,

- la etapa de detección de un estado se activa en presencia de un frente ascendente o descendente en una de las tres señales suministradas por los sensores,

10 - los estados posibles, están representados por un triplete de valores correspondiente a los estados lógicos de los sensores,

- los estados lógicos de los sensores comprenden un estado alto y un estado bajo,

15 - cada triplete de valores incluye un frente ascendente o descendente para un valor, un estado alto o un estado bajo para los otros valores, y

- el sistema consta además al menos de un detector del estado de funcionamiento de los sensores y en el cual se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema a la etapa de determinación cuando el detector detecta un mal funcionamiento de uno de los sensores.

20 **[0010]** La invención tiene igualmente como objeto un sistema que consta además al menos de un medio de medición de la aceleración del tren y en el cual se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema a la etapa de determinación cuando la aceleración medida por el medio de medición es superior a un valor umbral.

25 **[0011]** La invención tiene igualmente como objeto un sistema de posicionamiento de un tren que consta de una rueda fónica dentada, un primer sensor de detección de la presencia de un diente, un segundo sensor de detección de la presencia de un diente y un tercer sensor de detección de la presencia de un diente, estando dispuestos los tres sensores espacialmente de manera que al menos seis posiciones posibles y diferentes de la rueda se puedan
30 representar por al menos seis estados lógicos posibles de los tres sensores, siendo los seis estados diferentes.

[0012] El sistema comprende también un dispositivo de control del posicionamiento adaptado para aplicar el procedimiento tal como se ha descrito anteriormente.

35 **[0013]** La invención consta igualmente de un vehículo ferroviario que consta del sistema de posicionamiento tal como se ha descrito anteriormente.

[0014] Otras características y ventajas de la invención se mostrarán con la lectura de la descripción detallada que aparece a continuación de los modos de realización de la invención, dados a título de ejemplo únicamente y en
40 referencia a los dibujos que muestran:

- figura 1, una vista esquemática de un ejemplo de sistema de posicionamiento de un tren;

45 - figura 2, un gráfico que presenta la evolución temporal de las señales suministradas por los diferentes sensores y de los estados lógicos de los sensores asociados;

- figura 3, un diagrama de flujo de un ejemplo de procedimiento de control del funcionamiento de un sistema de posicionamiento de un tren;

50 - figura 4, un diagrama de flujo de otro ejemplo de procedimiento de control del funcionamiento de un sistema de posicionamiento de un tren, y

- figura 5, un gráfico que presenta la evolución temporal de las señales suministradas por los diferentes sensores y de los estados lógicos de los sensores asociados.

55 **[0015]** Un sistema 10 de posicionamiento de un tren se representa esquemáticamente en la figura 1. El sistema 10 consta de una rueda 12 fónica dentada. La rueda 12 fónica dentada está provista de dientes 14 espaciados angularmente. Para facilitar la localización, ciertos dientes 14 se omiten en una parte de la periferia de la rueda 12. La rueda 12 está fijada a un árbol de una rueda de tren. La rueda 12 está así acoplada a la rueda de tren. Las dos

ruedas giran por tanto a la misma velocidad. La rueda 12 es así representativa del movimiento de la rueda de tren.

[0016] El sistema consta igualmente de un primer sensor 18, un segundo sensor 20 y un tercer sensor 22 de detección de la presencia de un diente 14. En el caso de la figura 1, los sensores 18, 20 y 22 son unos fotodiodos. 5 Cualquier otro sensor que permita la detección de la presencia de un diente 14 es posible.

[0017] Los tres sensores 18, 20 y 22 suministran unas señales representativas de la presencia o de la ausencia de un diente 14. De ello resulta que cada uno de los sensores 18, 20 ó 22 tiene dos estados lógicos, uno representativo de la presencia de un diente 14 y otro representativo de la ausencia de un diente 14. Los tres sensores 18, 20 y 22 10 son fijos con respecto al tren y siguen por tanto su movimiento. Como la rueda 12 sigue un movimiento de rotación, la rueda 12 está en rotación con respecto a los sensores 18, 20 y 22. Estos detectan así una sucesión de dientes 14 de la rueda 12 en el transcurso del tiempo. Esto se ilustra esquemáticamente por la figura 2. En esta figura, se representa la evolución temporal de las señales suministradas por los diferentes sensores 18, 20 y 22 en funcionamiento normal de la rueda 12. Más precisamente, la curva 24 representa la evolución temporal de la señal 15 suministrada por el primer sensor 18, la curva 26, la del segundo sensor 20 y la curva 28, la del tercer sensor 22. Para mejorar la claridad, las curvas 24, 26 y 28 se han desplazado hacia arriba, entendiéndose que en realidad, los niveles correspondientes son casi los mismos.

[0018] En el estudio de la curva 24, aparece que el primer sensor 18 puede encontrarse en dos estados lógicos 20 según la situación considerada: un estado bajo correspondiente al caso de detección de la ausencia de un diente 14, un estado alto correspondiente al caso de detección de la presencia de un diente 14. En lo sucesivo, señalando C1 como el estado lógico del primer sensor 18, el estado bajo corresponderá a $C1 = 0$ y el estado alto a $C1 = 1$. Una lógica inversa es igualmente posible, las ideas desarrolladas más abajo siguiendo siendo las mismas. De manera similar, el segundo sensor 20 y el tercer sensor 22 tienen cada uno dos estados lógicos: un estado bajo y un estado 25 alto. Además, señalando C2 como el estado del segundo sensor y C3 como el estado del tercer sensor, $C2 = 0$ y $C3 = 0$ son los estados bajos que corresponden a una ausencia de detección de un diente 14 mientras que $C2 = 1$ y $C3 = 1$ son los estados altos que corresponden a la detección de la presencia de un diente 14.

[0019] Los tres sensores 18, 20 y 22 están dispuestos espacialmente de manera que las seis posiciones posibles y 30 diferentes de la rueda 12 se puedan representar por seis estados lógicos de los tres sensores 18, 20 y 22, siendo los seis estados lógicos diferentes. Un estado lógico posible es por tanto la información de los valores de cada señal suministrada por los tres sensores 18, 20 y 22. Esto corresponde a la información de un triplete (C1, C2, C3). De ello resulta que la información del triplete (C1, C2, C3) permite caracterizar una posición de la rueda 12.

35 **[0020]** Observando la figura 2, aparece que la posición de la rueda 12 se puede representar por seis estados. Estos seis estados se señalan como E₁, E₂, E₃, E₄, E₅ y E₆. El estado E₁ corresponde al triplete (C1 = 1, C2 = 0, C3 = 1); el estado E₂ al triplete (C1 = 1, C2 = 0, C3 = 0); el estado E₃ al triplete (C1 = 1, C2 = 1, C3 = 0); el estado E₄ al triplete (C1 = 0, C2 = 1, C3 = 0); el estado E₅ al triplete (C1 = 0, C2 = 1, C3 = 1) y el estado E₆ al triplete (C1 = 0, C2 = 0, C3 = 1). El conjunto de los estados de E₁ a E₆ forma el conjunto de los estados lógicos posibles de los tres 40 sensores 18, 20 y 22 para las diferentes posiciones de la rueda 12. El conjunto de los estados puede representarse en forma de la tabla 1 siguiente, así como se muestra en la figura 2:

Tabla 1: valores lógicos de los sensores 18, 20 y 22 en función de los estados de la rueda 12 (primer modo de realización).

Estado	C1	C2	C3
E ₁	1	0	1
E ₂	1	0	0
E ₃	1	1	0
E ₄	0	1	0
E ₅	0	1	1
E ₆	0	0	1

45

[0021] Los tres sensores 18, 20 y 22 están dispuestos espacialmente de manera que las seis posiciones posibles y diferentes de la rueda 12 se puedan representar por seis estados lógicos diferentes de los tres sensores 18, 20 y 22 cuando se cumplen tres condiciones. El primer sensor 18 y el segundo sensor 20 se desplazan de un primer desplazamiento D1 con respecto a un diente 14 en un sentido de rotación (primera condición); el segundo sensor 20 50 y el tercer sensor 22 se desplazan de un segundo desplazamiento D2 con respecto a un diente 14 en un sentido de rotación (segunda condición) y el tercer sensor 22 y el primer sensor 18 se desplazan de un tercer desplazamiento D3 con respecto a un diente 14 en un sentido de rotación (condición 3). Según el ejemplo considerado, el sentido de

rotación es el sentido de rotación de las agujas de un reloj (sentido denominado positivo). Además, por acuerdo, 360° corresponde a la distancia entre dos dientes de la rueda dentada, lo que implica que la suma de los tres desplazamientos es igual a 360° . Esto se escribe matemáticamente $D1 + D2 + D3 = 360^\circ$. A título de ejemplo, los desplazamientos $D1$, $D2$ y $D3$ se expresan en grados y están comprendidos entre 0 y 360° . Además, los tres desplazamientos $D1$, $D2$ y $D3$ son no nulos. Esto se escribe matemáticamente: $D1 \neq 0$, $D2 \neq 0$ y $D3 \neq 0$.

[0022] Así, la tercera condición se expresa igualmente por el hecho de que la suma del primer desplazamiento $D1$ y del segundo desplazamiento $D2$ es diferente de 360° . Esto se escribe matemáticamente $D1 + D2 \neq 360^\circ$.

10 **[0023]** Según el ejemplo de la figura 1, cada sensor 18, 20 y 22 presenta la misma relación cíclica del 50%. Existe entonces una tolerancia sobre los desplazamientos $D1$, $D2$ y $D3$ que son conocidos a $\pm 60^\circ$ casi.

[0024] Recíprocamente, cuando los desplazamientos $D1$, $D2$ y $D3$ están fijados a unos múltiplos de 60° ; la relación cíclica de los sensores 18, 20 y 22 varía entre $1/3$ y $2/3$.

15

[0025] Se entiende que entre estos dos casos extremos, existen unos compromisos. Así, si el desplazamiento $D1$, $D2$ y $D3$ se conoce a $\pm 30^\circ$ casi, la relación cíclica de los sensores está comprendida entre $(180-30)/360 = 41,6\%$ y $(180+30)/360 = 58,3\%$.

20 **[0026]** Más generalmente, para un desplazamiento conocido a $\pm x^\circ$ casi, la relación cíclica de los sensores está comprendida entre $(180-x)/360$ y $(180+x)/360$.

[0027] En el marco del modo de realización de la figura 1, x está comprendido entre 0 y 60° .

25 **[0028]** Preferentemente, como es el caso para la figura 1, el primer desplazamiento $D1$ y el segundo desplazamiento $D2$ son de 120° . Esto se escribe matemáticamente $D1 = D2 = 120^\circ$. De ello resulta que el tercer sensor 22 y el primer sensor 18 se desplazan 120° con respecto a un diente 14 en el mismo sentido de rotación. Esto se expresa por la igualdad matemática $D3 = 120^\circ$. Esto permite especialmente que un cambio de estado indique un movimiento de un sexto de diente 14. Para ilustrar esquemáticamente estos tres desplazamientos $D1$, $D2$ y $D3$ iguales a 120° en la figura 1, el primer sensor 18 está colocado sobre una flecha correspondiente a 0° , el segundo sensor 20 está colocado sobre una flecha correspondiente a 120° y el tercer sensor 22 está colocado sobre una flecha correspondiente a 240° .

35 **[0029]** Los desplazamientos $D1$, $D2$ y $D3$ de 120° son igualmente perceptibles en la figura 2. En efecto, en temporal, para unos dientes 14 regularmente espaciados (relación cíclica del 50%), esto significa que las señales suministradas por los sensores 18, 20 y 22 correspondientes se desplazan un tercio de período. Existe efectivamente un desplazamiento de un tercio de período entre la curva 24 y la curva 26; un tercio de período entre la curva 26 y la curva 28 y un tercio de período entre la curva 28 y la curva 24.

40 **[0030]** Las señales suministradas por los tres sensores 18, 20 y 22 son unas señales explotadas por un dispositivo 30 de control del sistema de posicionamiento. Este dispositivo 30 está adaptado para aplicar un procedimiento de control del funcionamiento del sistema 10 de posicionamiento de tren.

45 **[0031]** El sistema 10 consta además de un detector 29 eléctrico para cada sensor 18, 20 y 22, o tres detectores 29.

[0032] Según el modo de funcionamiento de los sensores 18, 20 y 22 a saber tensión y/o corriente, el detector 29 es apropiado para detectar unos circuitos abiertos o en cortocircuito. Más precisamente, en modo de funcionamiento en tensión, un estado bajo del sensor 18 corresponde a una tensión no nula, por ejemplo 5V mientras que un estado alto del sensor 18 corresponde a una tensión inferior a la tensión de alimentación de la rueda, por ejemplo 15V si la rueda está alimentada por 24V de manera continua. Así, si el detector 29 detecta una tensión de 0V o una tensión de 24V, esto significa que los sensores 18, 20 y 22 no funcionan correctamente.

55 **[0033]** Como variante, el detector 29 es apropiado para detectar una avería latente del desfase.

[0034] Incluso según otra variante, es apropiado para detectar una avería latente de la relación cíclica de los sensores.

[0035] A título de ejemplo, el dispositivo 30 comprende una máquina de estados 32 y un comparador 34. La

máquina de estados 32 es apropiada para detectar los diferentes estados lógicos de los sensores 18, 20 y 22 de detección. La máquina de estados 32 está conectada al comparador 34 que es apropiado para efectuar unas comparaciones entre los estados detectados por la máquina de estados 32 y unos estados pregrabados. Los estados pregrabados dependen del modo de realización considerado. En referencia a las figuras 3 y 4, se darán tres ejemplos. Además, el dispositivo 30 comprende un medio 36 de cálculo del ángulo entre los sensores 18, 20 y 22 y de la relación cíclica de cada una de las señales suministradas por los sensores 18, 20 y 22.

[0036] El dispositivo 30 consta igualmente de una unidad de cálculo 38 que calcula los valores denominados $H^+(n)$ y $H^-(n)$ definidos como:

10

$$H^+(n) = (E_{\text{tat}_n} = E_n) \cdot (E_{\text{tat}_{n-1}} = E_{(n-2) [6] + 1}) \cdot (E_{\text{tat}_{n-2}} = E_{(n-3) [6] + 1})$$

y

15

$$H^-(n) = (E_{\text{tat}_n} = E_n) \cdot (E_{\text{tat}_{n-1}} = E_{(n) [6] + 1}) \cdot (E_{\text{tat}_{n-2}} = E_{(n+1) [6] + 1})$$

[0037] Donde n es un número entero que varía entre 1 y 6, el signo « \cdot » es el signo de la operación lógica «y», $[-]$ designa un módulo y E_{tat_n} designa el estado en el cual está la rueda.

[0038] Según el ejemplo de la figura 2, al paso al estado E_1 , tiene lugar una oscilación en la detección del primer sensor 18. Esto se traduce por una alternancia rápida de un frente ascendente, de un frente descendente y de un frente ascendente en la señal de la curva 24. Así, hay un paso rápido del estado E_1 al estado E_6 , después de vuelta al estado E_1 . La ventaja de la formulación de los valores $H^+(n)$ y $H^-(n)$ propuesta con una prueba sobre tres estados sucesivos es poder liberarse de tales fenómenos (también llamados por el término inglés «glitch») en la cuenta de las vueltas. En efecto, con las expresiones anteriores, ni el valor $H^+(n)$ ni el valor $H^-(n)$ pasa al estado lógico «1» en presencia de una oscilación de un sensor.

[0039] Según un ejemplo, la suma algebraica de estos dos valores $H^+(n)$ y $H^-(n)$ se calcula en el contador de rueda 40.

30

[0040] Según otro ejemplo, el contador de rueda 40 cuenta el número de incidencia de un «1» en los dos valores $H^+(n)$ y $H^-(n)$.

[0041] Estos valores $H^+(n)$ y $H^-(n)$ sirven para la determinación de la posición del tren. Se conoce por el estado de la técnica el paso de ocho valores sucesivos de H^+ y H^- a la posición del tren. Es efectivamente posible demostrar la existencia de una biyección entre ocho valores $H^+(n)$ y $H^-(n)$ y las posiciones del tren.

[0042] Los valores $H^+(n)$ y $H^-(n)$ permiten igualmente determinar la aceleración del tren.

[0043] Como variante, de manera más elaborada, el sistema 10 consta de seis contadores de rueda, es decir un contador de rueda para cada estado E_1 , E_2 , E_3 , E_4 , E_5 y E_6 que determina el número de paso por el estado. Esto permite obtener una medición con un ruido más reducido y seis veces más información. Esta variante es particularmente favorable para un tren que funciona a velocidad relativamente lenta.

[0044] Así como los indican los trazos 42, 43, 44, 45 y 46, los datos procedentes respectivamente del contador de rueda 40 de la máquina de estado 32, del comparador 34 de los detectores 29 y del medio 36 son conducidos hacia un calculador 48 que puede interpretar estos datos y, en su caso, determinar las acciones que se van a realizar.

[0045] El calculador 48 es así apropiado para señalar un error sobre los estados de la máquina 32, prevenir una avería latente que resultaría por ejemplo de una mala relación cíclica para un sensor o advertir de una aceleración demasiado fuerte. Una aceleración demasiado importante corresponde a una situación anormal.

[0046] El diagrama de flujo de la figura 3 ilustra esquemáticamente la aplicación de un ejemplo de procedimiento de control por el dispositivo 30 según un primer modo de realización.

55

[0047] El procedimiento comprende una etapa S50 de detección de estados correspondientes a las señales suministradas por los tres sensores 18, 20 y 22. La detección se realiza, por ejemplo, por una adquisición en cada cambio de estados.

[0048] Como variante, la adquisición se realiza de manera continua. Según el ejemplo de la figura 1, la adquisición es realizada por el dispositivo 30. En el caso de una adquisición de manera continua, un sistema derivador se utiliza para detectar los cambios de estados. Esto evita, para un funcionamiento lento, que las condiciones $H^+(n)$ y $H^-(n)$ no se cumplan jamás mientras que la rueda realiza una vuelta completa.

[0049] El procedimiento comprende también una etapa S52 de comparación de los estados detectados con los valores de los estados del conjunto de estados posibles. En el ejemplo de la figura 1, esto significa que se verifica si se han detectado tres señales de ausencia de dientes 14 o tres señales de presencia de dientes 14. Señalando E_7 y E_8 como los estados correspondientes, la tabla 2 siguiente que proporciona los estados permitidos y prohibidos se memoriza en el comparador 34:

Tabla 2: valores lógicos de los sensores 18, 20 y 22 en función de los estados determinados (primer modo de realización) así como su estatus.

15

Estado	C1	C2	C3	Estatus
E_1	1	0	1	permitido
E_2	1	0	0	permitido
E_3	1	1	0	permitido
E_4	0	1	0	permitido
E_5	0	1	1	permitido
E_6	0	0	1	permitido
E_7	0	0	0	prohibido
E_8	1	1	1	prohibido

[0050] Según este modo de realización, los estados pregrabados del comparador 34 son los estados $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7$ y E_8 . El comparador 34 compara el estado detectado con los ocho estados precitados. Cuando el estado detectado no es uno de los seis estados permitidos, a saber uno de los estados E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 o E_6 , una anomalía de funcionamiento del sistema 10 (etapa S54) se reenvía y el calculador 48 detecta una anomalía. La comparación de la etapa S52 se efectúa, por ejemplo, determinando si el estado detectado forma parte de los estados prohibidos.

[0051] El gráfico de la figura 2 muestra que la sucesión de los estados lógicos E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 y E_6 no es cualquiera en funcionamiento normal. En este caso, solo está permitido pasar de un estado E_n a un estado E_{n+1} o a un estado E_{n-1} en función del sentido de rotación de la rueda. Especialmente, un paso de un estado E_n a un estado E_{n+2} no está permitido. De ello resulta que el conjunto de los seis estados lógicos E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 y E_6 se rige por unas relaciones de pasos.

[0052] Según el ejemplo de la figura 3, el procedimiento consta de una etapa S56 de verificación de la conformidad de la sucesión de los estados detectados con las relaciones de pasos de los estados en funcionamiento normal del sistema 10. Esto significa que se prueba para los dos estados detectados E_{D1} y E_{D2} si $D2$ es igual a la suma de 1 con la expresión $D1$ menos 1 más o menos 1 módulo 6. Esto se expresa matemáticamente por:

35

$$D2 = (D1 - 1 \pm 1) [6] + 1 \text{ (relación 1)}$$

[0053] Esta relación 1 puede expresarse igualmente en forma de dos relaciones.

40 o

$$D2 = D1 [6] + 1 \text{ (relación 2)}$$

$$D2 = (D1 - 2) [6] + 1 \text{ (relación 3)}$$

[0054] Donde $[]$ designa un módulo.

[0055] Las relaciones 2 y 3 son las dos relaciones de pasos para el primer modo de realización. Implican en particular que un paso del estado E_n al estado $E_{(n-3)[6]+1}$ no está permitido.

[0056] En el caso en que la sucesión de los estados detectados no sea conforme a estas relaciones, en la etapa S58, se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema 10. A título de ejemplo, un paso del estado E_1 ($C1 = 1$,

C2 = 0, C3 = 1) al estado E₄ (C1 = 0, C2 = 1, C3 = 0) conlleva la detección de una anomalía de funcionamiento en la etapa S58. En efecto, $4 = 3 + 1$ ó $4 = 5 - 1$, lo que implica que ninguna de las dos relaciones 2 ó 3 se cumple.

5 **[0057]** Según el ejemplo de la figura 3, las pruebas de las etapas S52 y S56 son sucesivas. Así, si la comparación de la etapa S52 conduce a la detección de una anomalía, la prueba de la etapa S56 no se lleva a cabo. Durante la prueba de la etapa S56, se detecta una anomalía, lo que corresponde a la etapa S58, o no se detecta ninguna anomalía (etapa S60).

10 **[0058]** Tras las etapas 54, 58 ó 60, el procedimiento consta igualmente de una etapa S62 de determinación del estado de funcionamiento del sistema 10 en función de las comparaciones efectuadas. Se determina un mal funcionamiento cuando se ha reenviado una anomalía a las etapas S54 o S58. Si no se ha reenviado ninguna anomalía, se considera que el sistema 10 de posicionamiento funciona correctamente.

15 **[0059]** La etapa S62 es efectuada, según el ejemplo de la figura 1, por el calculador 48.

20 **[0060]** Como variante, se considera que los sensores 18, 20 y 22 emiten tres señales: los estados lógicos C_i = 0 y C_i = 1 ya mencionados y unos frentes ascendentes/descendentes. En este modo de realización, los frentes ascendentes/descendentes se consideran como los únicos estados lógicos. La tabla 1 se modifica de este modo. Por razones de simplificación, los nuevos estados se señalan como F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ y F₆. El estado F₁ corresponde al triplete (C1 = frente ascendente o descendente, C2 = 0, C3 = 1) el estado F₂ al triplete (C1 = 1, C2 = 0, C3 = frente ascendente o descendente); el estado F₃ al triplete (C1 = 1, C2 = frente ascendente o descendente, C3 = 0); el estado F₄ al triplete (C1 = frente ascendente o descendente, C2 = 1, C3 = 0) el estado F₅ al triplete (C1 = 0, C2 = 1, C3 = frente ascendente o descendente) y el estado F₆ al triplete (C1 = 0, C2 = frente ascendente o descendente, C3 = 1). El conjunto de los estados de F₁ a F₆ forma el conjunto de los estados lógicos posibles de los tres sensores 18, 20 y 22 para las diferentes posiciones de la rueda 12. El conjunto de los estados se puede representar en la forma de la tabla siguiente:

Tabla 3: valores lógicos de sensores 18, 20 y 22 en función de los estados de rueda 12 (segundo modo de realización)

Estado	C1	C2	C3
F ₁	frente ascendente o descendente	0	1
F ₂	1	0	frente ascendente o descendente
F ₃	1	frente ascendente o descendente	0
F ₄	frente ascendente o descendente	1	0
F ₅	0	1	frente ascendente o descendente
F ₆	0	frente ascendente o descendente	1

30 **[0061]** El diagrama de flujo de la figura 4 ilustra esquemáticamente la aplicación de un ejemplo de procedimiento de control según este segundo modo de realización.

35 **[0062]** El procedimiento consta de una etapa de detección S50 que comprende una etapa S64 de adquisición de las señales suministradas por los tres sensores 18, 20 y 22.

[0063] La etapa S60 de detección comprende igualmente una etapa S64 de filtrado de las señales adquiridas.

40 **[0064]** Esta etapa S64 se realiza seleccionando únicamente las señales adquiridas en presencia de un frente ascendente o descendente sobre una de las tres señales suministradas por los sensores 18, 20 y 22. Esto permite conservar el mismo estado detectado F_i al nivel del dispositivo 30 de control incluso en presencia de una oscilación de la señal suministrada por el sensor 18, 20 ó 22 en el momento de una transición entre dos estados. Esto permite evitar las limitaciones de muestreo vinculadas a la presencia de oscilaciones de la señal suministrada por el sensor 18, 20 ó 22.

45 **[0065]** En una variante preferida, la etapa S64 de adquisición solo tiene lugar para un cambio de estado.

[0066] Según el ejemplo de la figura 5 que corresponde al de la figura 2, al paso al estado F₁, tiene lugar una oscilación en la detección del primer sensor 18. Esto se traduce por una alternancia rápida de un frente ascendente, de un frente descendente y de un frente ascendente en la señal de la curva 24. No obstante, en la detección de los estados, como un frente ascendente o un frente descendente corresponde al mismo estado F₁, esta oscilación no está presente.

[0067] El procedimiento propuesto en el segundo modo de realización no es por tanto sensible a las oscilaciones de la detección de los sensores 18, 20 y 22.

[0068] El procedimiento comprende también una etapa S68 de comparación de los estados detectados con los valores de los estados del conjunto de estados posibles. La etapa S68 es similar a la etapa S52 salvo en que los estados prohibidos son diferentes. La nueva tabla 5 se puede confeccionar de este modo:

15 *Tabla 4: valores lógicos de los sensores 18, 20 y 22 en función de los estados determinados (segundo modo de realización) así como su estatus.*

Estado	C1	C2	C3	Estatus
F ₁	Frente ascendente o descendente	0	1	permitido
F ₂	1	0	Frente ascendente o descendente	permitido
F ₃	1	Frente ascendente o descendente	0	permitido
F ₄	Frente ascendente o descendente	1	0	permitido
F ₅	0	1	Frente ascendente o descendente	permitido
F ₆	0	Frente ascendente o descendente	1	permitido
F ₇	Frente ascendente o descendente	0	0	prohibido
F ₈	Frente ascendente o descendente	1	1	prohibido
F ₉	0	Frente ascendente o descendente	0	prohibido
F ₁₀	1	Frente ascendente o descendente	1	prohibido
F ₁₁	0	0	Frente ascendente o descendente	prohibido
F ₁₂	1	1	Frente ascendente o descendente	prohibido
E ₇	0	0	0	prohibido
E ₈	1	1	1	prohibido

[0069] Según este segundo modo de realización, los estados pregrabados del comparador 34 son por tanto diferentes del primer modo de realización. Son los estados F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ y F₆.

[0070] Por último, el procedimiento según el segundo modo de realización consta de las mismas etapas S54, S56, S58, S60 y S62 que son similares a las aplicadas para el primer modo de realización. En particular, la prueba realizada en la etapa S56 es la misma. Dicho de otro modo, las relaciones de pasos para el segundo modo de realización son las del primero (relaciones 2 y 3).

[0071] Además, en este segundo modo de realización, los valores H⁺(n) y H⁻(n) se definen como:

$$H^+(n) = (E_{\text{tat}_n} = F_n) \cdot (E_{\text{tat}_{n-1}} = F_{(n-2)[6]+1}) \cdot (E_{\text{tat}_{n-2}} = F_{(n-3)[6]+1})$$

y

$$H^-(n) = (E_{\text{tat}_n} = F_n) \cdot (E_{\text{tat}_{n-1}} = F_{(n)[6]+1}) \cdot (E_{\text{tat}_{n-2}} = F_{(n)[6]+2})$$

[0072] Como variante, el procedimiento consta de una etapa de detección de una parada del tren por un no cambio de estado lógico. Esto evita malos diagnósticos que dan un mal funcionamiento mientras que el tren está simplemente parado.

5

[0073] Según otra variante, el procedimiento consta de una etapa de determinación del estado de funcionamiento del sistema 10 que se basa en los datos de los detectores 29. Se reenvía una anomalía cuando el detector 29 detecta que el sensor 18, 20 ó 22 asociado funciona en circuito abierto o en cortocircuito.

10 **[0074]** Según otro modo de realización, el procedimiento consta de una etapa de comparación de la aceleración del tren con un valor umbral. Por ejemplo, este valor umbral es de 100 m.s^{-2} . Cuando la aceleración medida es superior al valor umbral, se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema 10.

[0075] El procedimiento permite gestionar así de manera segura el sistema de posicionamiento con su rueda 12
15 fónica dentada y sus tres sensores 18, 20 y 22. En particular, el procedimiento garantiza la detección de la mayoría de las anomalías. Se ha verificado así una detectabilidad de las averías a 10^{-9} para la detección de uno, dos o tres dientes 14 fijos, la detección de una interferencia con ruido entre las señales suministradas por dos sensores 18, 20 ó 22 que llevan a una falsa detección para uno o dos dientes 14, la memorización de un estado, la memorización repetida de un estado y la detección de uno, dos o tres dientes 14 aleatorios. La única situación que no se detecta
20 con certeza es una situación de parada en un estado posible. Todos los demás fallos se detectan rápidamente. De este modo, el procedimiento es conforme con la norma de seguridad SIL4.

[0076] Tal control del funcionamiento del sistema 10 de posicionamiento del tren evita el uso de un cuarto sensor de detección de la presencia de un diente para efectuar un control de coherencia. Además, el procedimiento permite
25 suprimir el empleo de una función de prueba destinada a verificar el buen funcionamiento de los tres sensores.

[0077] El procedimiento no es sensible a los rebotes de los sensores 18, 20 y 22.

[0078] El procedimiento permite igualmente mejorar la precisión en la posición del tren en parada. La posición se
30 detecta con una precisión seis veces mejor que cuando se utiliza un control de coherencia con un cuarto sensor.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control del funcionamiento de un sistema (10), constando el sistema (10) de:
- 5 - una rueda (12) fónica dentada,
- un primer sensor (18) de detección de la presencia de un diente,
- un segundo sensor (20) de detección de la presencia de un diente,
- 10 - un tercer sensor (22) de detección de la presencia de un diente, estando dispuestos los tres sensores (18, 20, 22) espacialmente de manera que al menos seis posiciones posibles y diferentes de la rueda (12) se puedan representar por al menos seis estados lógicos ($E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$) posibles de los tres sensores (18, 20, 22), siendo los seis estados ($E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$) diferentes,
- 15 constando el procedimiento de las etapas de:
- detección de estados correspondientes a las señales suministradas por los tres sensores (18, 20, 22),
- 20 - comparación de los estados detectados con los seis estados lógicos posibles ($E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$),
- determinación del estado de funcionamiento del sistema (10) en función de la comparación.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema (10) a la etapa de determinación cuando el estado detectado no es uno de los seis estados lógicos ($E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual el paso de un estado lógico
- 30 ($E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$) a otro se rige por unas relaciones de paso y el procedimiento consta además de una etapa de verificación de la conformidad de la sucesión de los estados detectados con las relaciones de paso.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el cual se reenvía una anomalía de funcionamiento del
- 35 sistema (10) a la etapa de determinación cuando la sucesión de los estados detectados no es conforme a las relaciones de paso.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 ó 4, en el cual los seis estados lógicos consecutivos son identificados por unos números enteros sucesivos, siendo las relaciones de pasos $D2 = (D1 - 1 \pm$
- 40 $1) [6] + 1$ con $D1$ y $D2$ los números de los estados detectados y $[]$ es la operación matemática módulo.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, en el cual cada sensor presenta una relación cíclica, el primer sensor (18) y el segundo sensor (20) se desplazan de un primer desplazamiento ($D1$) con respecto a un diente en un sentido de rotación, el segundo sensor (20) y el tercer sensor (22) se desplazan de un
- 45 segundo desplazamiento ($D2$) con respecto a un diente en el mismo sentido de rotación cada desplazamiento tiene un valor de $120^\circ \pm x$, estando comprendido x entre 0 y 60° .
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el cual la relación cíclica de cada sensor (18, 20, 22) está comprendida entre $(180 - x)/360$ y $(180 + x)/360$.
- 50 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7, en el cual la etapa de detección de un estado se activa en presencia de un frente ascendente o descendente en una de las tres señales suministradas por los sensores (18, 20, 22).
- 55 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 8, en el cual los estados posibles ($E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$) son representados por un triplete de valores correspondientes a los estados lógicos de los sensores (18, 20, 22).
10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el cual los estados lógicos de los sensores (18, 20, 22)

comprenden un estado alto y un estado bajo.

11. Procedimiento según la reivindicación 9, en el cual cada triplete de valores incluye un frente ascendente o descendente para un valor, un estado alto o un estado bajo para los otros valores.

5

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones de 1 a 11, en el cual el sistema (10) consta además al menos de un detector (29) del estado de funcionamiento de los sensores (18, 20, 22) y en el cual se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema (10) a la etapa de determinación cuando el detector (29) detecta un mal funcionamiento de uno de los sensores (18, 20, 22).

10

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones de 1 a 12, en el cual el sistema (10) es un sistema de posicionamiento de un tren y consta además al menos de un medio de medición de la aceleración del tren y en el cual se reenvía una anomalía de funcionamiento del sistema (10) a la etapa de determinación cuando la aceleración medida por el medio de medición es superior a un valor umbral.

15

14. Sistema (10) que consta de:

- una rueda (12) fónica dentada,

20 - un primer sensor (18) de detección de la presencia de un diente,

- un segundo sensor (20) de detección de la presencia de un diente,

25 - un tercer sensor (22) de detección de la presencia de un diente, estando dispuestos los tres sensores (18, 20, 22) espacialmente de manera que al menos seis posiciones posibles y diferentes de la rueda (12) se puedan representar por al menos seis estados lógicos ($E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$) posibles de los tres sensores (18, 20, 22), siendo los seis estados ($\bar{E}_1, \bar{E}_2, \bar{E}_3, \bar{E}_4, \bar{E}_5, \bar{E}_6; \bar{F}_1, \bar{F}_2, \bar{F}_3, \bar{F}_4, \bar{F}_5, \bar{F}_6$) diferentes,

30 - un dispositivo (30) de control del posicionamiento adaptado a aplicar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 13.

15. Vehículo que consta del sistema (10) de la reivindicación 14.

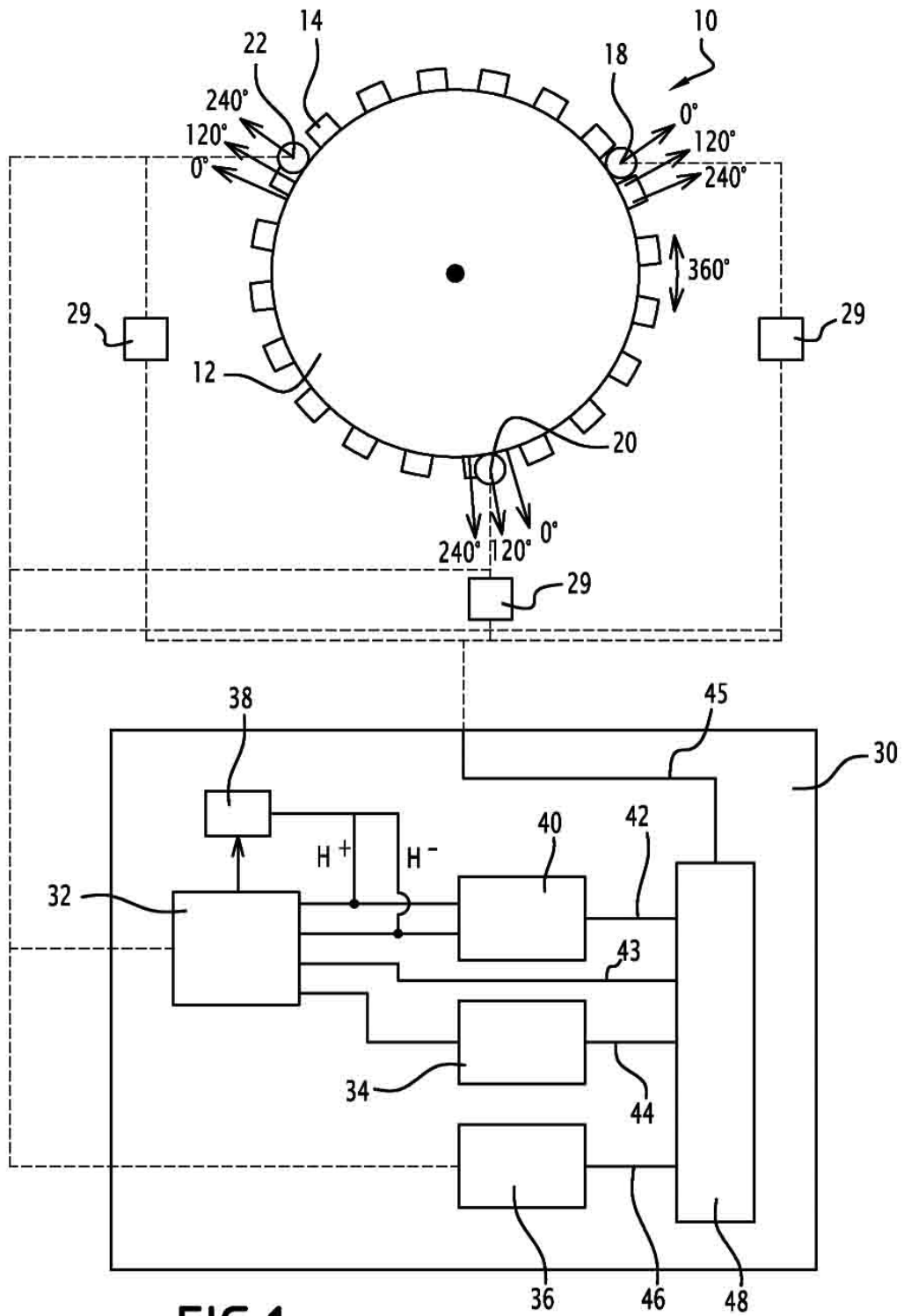


FIG.1

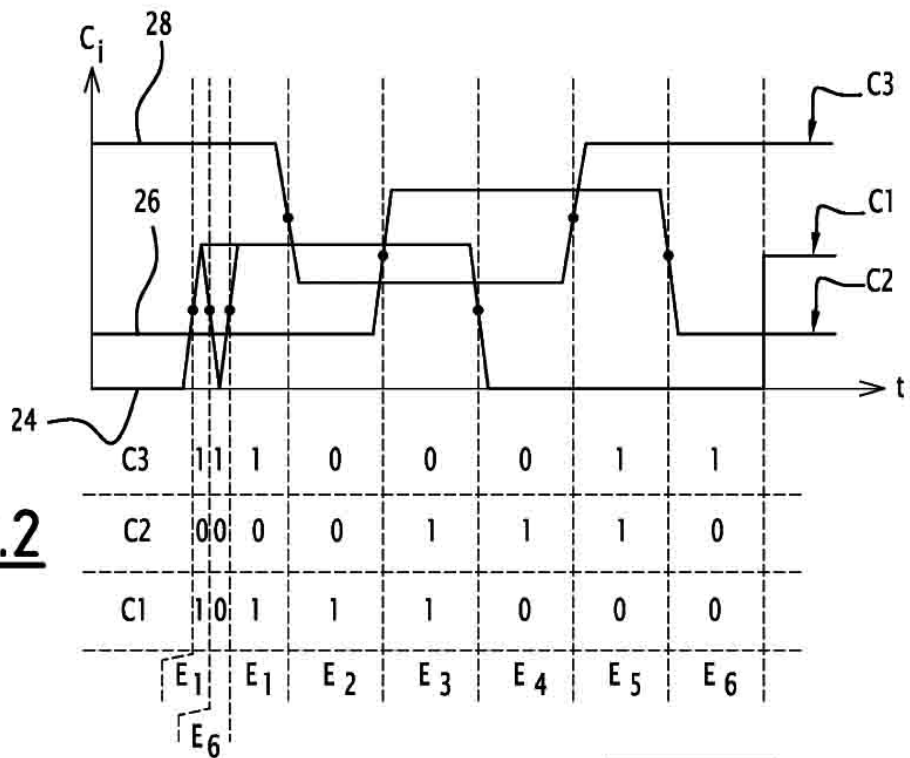


FIG. 2

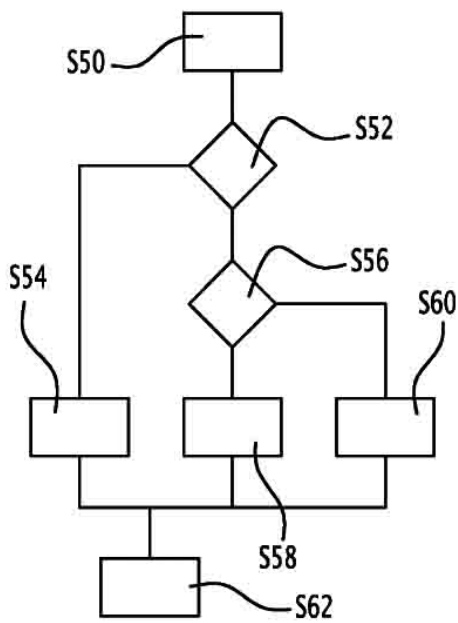


FIG. 3

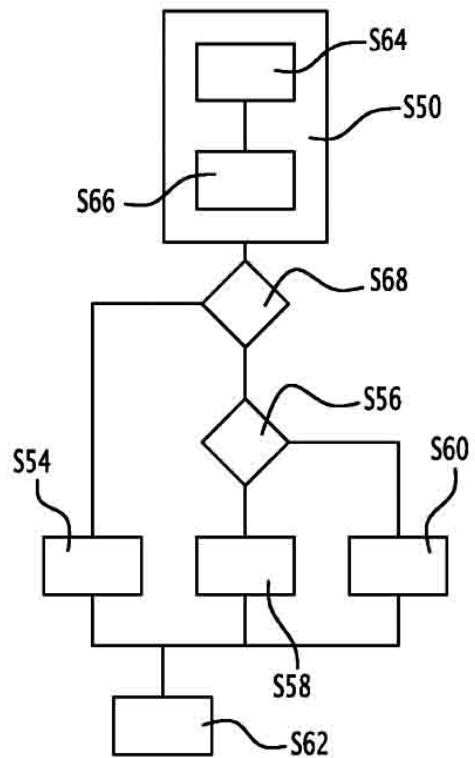


FIG. 4

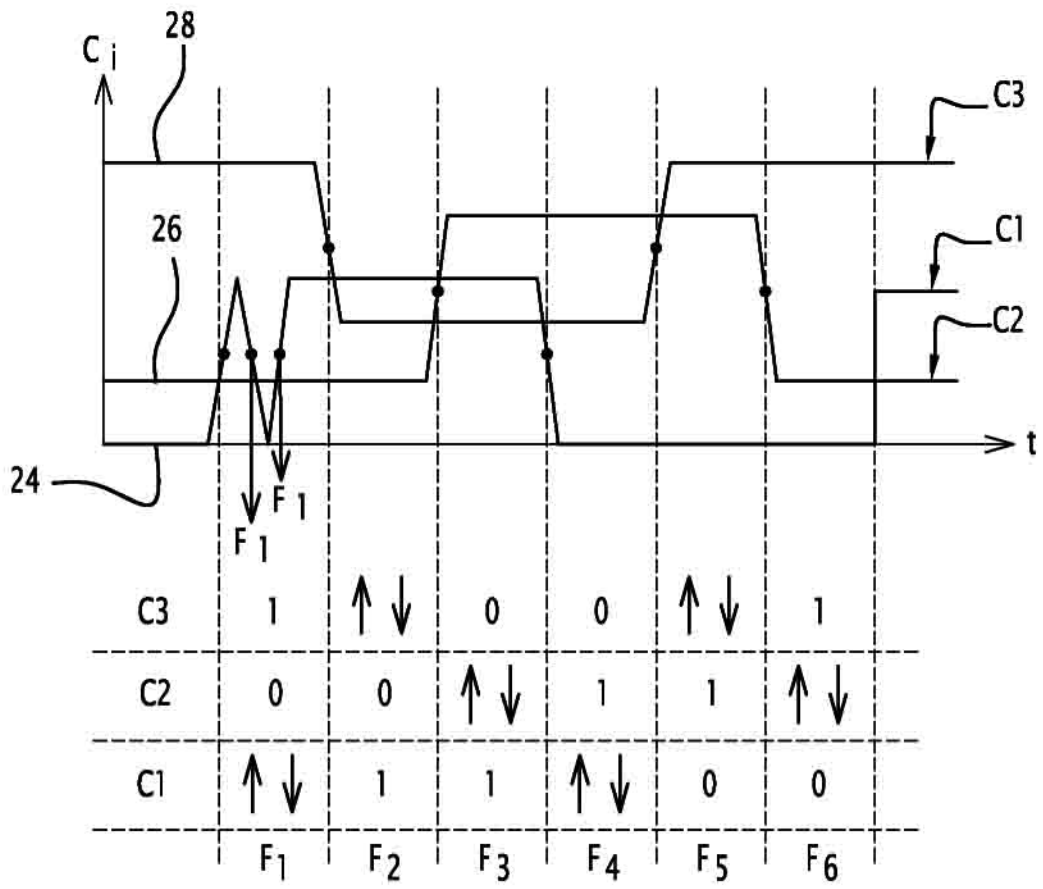


FIG.5