



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 269 867**

51 Int. Cl.:
B60L 3/00 (2006.01)
B61C 9/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03013121 .3**
86 Fecha de presentación : **11.06.2003**
87 Número de publicación de la solicitud: **1371515**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **17.12.2003**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para detectar los fallos de alineación de un sistema de árbol cardan.**

30 Prioridad: **14.06.2002 DE 102 27 412**

73 Titular/es: **Bombardier Transportation GmbH**
Saatwinkler Damm 43
13627 Berlin, DE

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2007

72 Inventor/es: **Häse, Peter**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2007

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

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 y dispositivo para detectar los fallos de alineación de un sistema de árbol cardan.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para detectar fallos de alineación entre el árbol de accionamiento y el árbol secundario de un sistema de árbol cardan, en particular en la zona del tren de accionamiento de un vehículo sobre raíl, que está acoplado con una máquina de inducción. Además, se refiere a un dispositivo correspondiente para efectuar el procedimiento.

10 En los accionamientos para vehículos hoy habituales, en particular en accionamientos para vehículos sobre raíl, se emplean frecuentemente los sistemas de árbol cardan acoplados en el tren de accionamiento con el rotor de la máquina de inducción, en general así en forma de un, nombrado, árbol de transmisión con junta cardan, para poder compensar entre sí los cambios de posición, que se producen en funcionamiento, de los elementos del tren de accionamiento, y así reducir, al menos a corto plazo, las cargas del tren de accionamiento, que se producen por los cambios de posición.

15 Normalmente, deberían discurrir en paralelo uno respecto a otro los ejes del árbol de accionamiento y del árbol secundario del sistema de árbol cardan, por ejemplo, un árbol de transmisión con junta cardan. En el caso de un árbol cardan sencillo deberían alinearse uno con otro. Sin embargo, la compensación de los cambios de posición a través de un árbol cardan semejante, designado habitualmente también como árbol de transmisión, generalmente debería representar solo el caso de excepción.

20 Si en funcionamiento se produce una desviación de ángulo que permanece a lo largo de recorridos más largos entre el árbol de accionamiento y el árbol secundario del sistema de árbol cardan, se producen vibraciones en el sistema de árbol cardan con una frecuencia que corresponde a dos veces la velocidad actual de rotación del sistema de árbol cardan. Además, la amplitud de estas vibraciones depende del grado de la desviación de ángulo, designada a continuación como fallo de alineación, entre el árbol de accionamiento y el árbol secundario del sistema de árbol cardan.

25 Si la amplitud de estas vibraciones sobrepasa un valor permitido determinado, o la frecuencia de vibración se sitúa en el rango de resonancia de las partes individuales del mismo sistema de árbol cardan, o del tren de accionamiento, puede llegarse a un deterioro duradero del sistema de árbol cardan o componentes colindantes del tren de accionamiento hasta su fallo.

30 Una situación comparable se produce naturalmente también por el accionamiento de una máquina de inducción que trabaja como generador a través de un sistema semejante de árbol cardan.

35 Por consiguiente, para evitar las deterioraciones mencionadas, existe básicamente la necesidad de reconocer tempranamente fallos semejantes de alineación de un sistema de árbol cardan para poder introducir medidas preventivas correspondientes, por ejemplo, una desconexión del accionamiento o similares.

40 Para detectar fallos semejantes de alineación del sistema de árbol cardan, básicamente existe la posibilidad de separar filtrando la frecuencia de la vibración a la velocidad de rotación, superpuesta a causa de los fallos de alineación, que corresponde a dos veces la velocidad actual de rotación, mediante un filtro pasabanda, y a continuación evaluar, por ejemplo, por la supervisión de un valor determinado elegido apropiadamente. Sin embargo, en este caso existe el problema de que la frecuencia del filtro pasabanda debe seguirse conforme a la velocidad de rotación del sistema de árbol cardan, por lo que se genera un sistema de medida comparablemente costoso.

45 Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de poner a disposición un procedimiento o un dispositivo del tipo mencionado al inicio, que no presenten las desventajas mencionadas arriba o al menos solo en pequeña medida, y en particular, hagan posible una detección fácil y segura de los fallos de alineación del sistema de árbol cardan.

50 La presente invención resuelve este objetivo partiendo de un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 por las características dadas en la parte caracterizadora de la reivindicación 1. Además, la invención resuelve este objetivo partiendo de un dispositivo según el preámbulo de la reivindicación 10 por las características dadas en la parte caracterizadora de la reivindicación 10.

55 La presente invención se basa en la enseñanza técnica de que puede conseguirse una detección especialmente sencilla y segura de fallos de alineación del sistema de árbol cardan, cuando se determina una señal de fallo de alineación, representativa del grado de un fallo de alineación, por la correlación de una primera señal, característica de la velocidad de rotación de la máquina de inducción, con una segunda señal, característica del movimiento de rotación del sistema de árbol cardan.

60 Mediante una correlación apropiada entre la velocidad de rotación, como una variable de entrada de la máquina de inducción, y el movimiento de rotación del sistema de árbol cardan, como una variable de salida del conjunto máquina de inducción - sistema de árbol cardan, pueden sacarse conclusiones, de forma ventajosa, de la correspondiente función de transmisión o la función de descripción del conjunto máquina de inducción - sistema de árbol cardan. Esta función de transferencia o función de descripción depende de nuevo decisivamente del grado de fallo de alineación del sistema de árbol cardan, de forma que pueden sacarse conclusiones del grado de fallo de posición, de forma sencilla, a través del conocimiento mediante la función de transferencia.

Además, la invención presenta la ventaja de que, en la técnica de mando de operaciones industriales de accionamientos modernos, en general están a disposición tanto señales características de la velocidad de rotación de la máquina de inducción, como también señales características del movimiento de rotación del sistema de árbol cardan, de forma que también la primera y la segunda señal están a disposición directamente o pueden obtenerse de forma fácil de las señales disponibles.

Además, la correlación entre la primera y la segunda señal puede realizarse de manera diferente. Una variante, especialmente sencilla y poco propensa a fallos, del procedimiento según la invención se caracteriza porque la correlación se efectúa a la manera de una correlación ortogonal conocida en sí. Mediante una correlación ortogonal semejante de una señal característica de una señal de entrada del sistema, y una señal característica de una señal de salida del sistema, puede sacarse conclusiones, de forma sencilla, de la correspondiente función de transferencia o función de descripción del sistema. Además sobra en este caso un seguimiento de la detección dependiente de la velocidad de rotación, ya que se consideran automáticamente, en el procedimiento propuesto, los cambios de la velocidad de rotación a base del empleo de las primeras y segundas señales, que esencialmente están relacionadas directamente con la velocidad de rotación.

Un procedimiento semejante a la manera de una correlación ortogonal trae consigo además la ventaja de que fallos sin parte periódica de la frecuencia a examinar, por ejemplo, fallos de tipo estático, pueden suprimirse casi a voluntad por la elección apropiada de los parámetros del procedimiento, y por tanto, aparecen en el resultado en una medida correspondientemente pequeña.

En un primer paso se forman preferiblemente una primera componente de la primera señal y una segunda componente ortogonal a esta. En un segundo paso se correlacionan luego la primera y la segunda componente de la primera señal a la manera de una correlación ortogonal con la segunda señal para detectar la señal de fallo de alineación.

A este respecto, el segundo paso contiene preferiblemente el siguiente proceso. Primero la primera componente se multiplica con la segunda señal para formar un primer producto, así como la segunda componente con la segunda señal para formar un segundo producto. A continuación, el primer producto se integra para formar una primera integral. Igualmente el segundo producto se integra para formar una segunda integral. La primera integral se eleva al cuadrado luego para formar el primer cuadrado. Lo mismo se efectúa con la segunda integral para formar un segundo cuadrado. Finalmente, el primer y el segundo cuadrado se adicionan en una primera suma y se genera la primera raíz cuadrada de la primera suma para formar la señal de fallo de alineación.

Esta raíz cuadrada representa por último un valor representativo para la cantidad de la función de transferencia o función de descripción, representada como número complejo, del conjunto máquina de inducción - sistema de árbol cardan. Este valor puede compararse luego para detectar la presencia de un fallo de alineación no aceptable, por ejemplo, con un valor umbral determinado. Si se supera este valor umbral, puede emitirse, por ejemplo, una señal correspondiente de aviso, o puede emitirse una señal al control de la máquina de inducción, que inicia entonces, dependiendo de esta señal, medidas preventivas correspondientes hasta la desconexión de la máquina de inducción.

Para la primera señal se trata preferiblemente de una señal cuya frecuencia es directamente proporcional a la frecuencia del campo rotatorio, por lo que de forma ventajosa se realiza la mencionada relación directa respecto a la velocidad de rotación. Preferiblemente se emplea como primera señal una señal característica del campo rotatorio, adaptada a la frecuencia de deterioro que aparece en caso de fallo de alineación en el sistema de árbol cardan. En este caso puede tratarse, por ejemplo, de una señal característica del flujo.

Esta frecuencia de deterioro f_s , como se ha mencionado, se sitúa en dos veces la velocidad actual de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan.

$$f_s = 2 n_{KW}. \quad (1)$$

En una máquina de inducción con el número de pares de polos N , el campo rotatorio, según la forma constructiva y la carga adjunta, rota esencialmente a N veces la velocidad de rotación n_L del rotor de la máquina de inducción. Las desviaciones de esta relación, que se producen según la carga adjunta, por ejemplo, para máquinas asíncronas - de otra forma que para máquinas síncronas - se sitúan habitualmente en el rango de pocos puntos porcentuales. No son impeditivos para la aplicación de la invención. Por consiguiente, la frecuencia de rotación f_F es N veces la velocidad de rotación n_L del rotor:

$$f_F = N n_L \quad (2)$$

Para una relación de conversión i entre la velocidad de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan y la velocidad de rotación n_L del rotor de la máquina de inducción con

$$n_{KW} = i n_L \quad (3)$$

se produce por consiguiente, para la frecuencia de deterioro f_s y con ello también para la frecuencia f_i de la primera señal, la ecuación

$$f_i = f_s = 2 i n_L = (2 i/N) f_P. \quad (4)$$

Con otras palabras, para una máquina de inducción con un número de pares de polos N y una relación de conversión i entre la velocidad de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan y la velocidad de rotación n_L del rotor de la máquina de inducción, la primera señal está generada preferiblemente por una señal cuya frecuencia corresponde esencialmente a $2i/N$ veces la frecuencia del campo rotatorio.

En el caso más sencillo de una máquina de inducción con el número de pares de polos 2 y una relación de conversión $i = 1$ entre la velocidad de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan y la velocidad de rotación n_L del rotor de la máquina de inducción, es decir, un sistema de árbol cardan unido directamente con el rotor, la frecuencia f_i de la primera señal es por consiguiente igual a la frecuencia del campo rotatorio f_P . En este caso puede emplearse entonces directamente con la frecuencia correspondiente una señal representativa del campo rotatorio, disponible de todos modos en la técnica de mando de operaciones industriales.

Para variantes preferidas del procedimiento según la invención, la primera señal es proporcional, de la forma indicada, a una variable de evaluación para el campo rotatorio, por ejemplo, a una variable de evaluación para el flujo. En el caso más sencillo descrito arriba ($N = 2$, $i = 1$), la variable de evaluación puede usarse luego directamente como primera señal. Alternativamente, la primera señal, de la forma descrita, puede ser también proporcional a una variable acoplada con el campo rotatorio. Para una variable semejante acoplada con el campo rotatorio, puede tratarse, por ejemplo, de las tensiones y/o intensidades correspondientes, medidas en los devanados de la máquina de inducción durante la generación del campo rotatorio.

Para la segunda señal característica del movimiento de rotación del sistema de árbol cardan puede tratarse, por ejemplo, de una señal proporcional a la velocidad de rotación del sistema de árbol cardan y con ello a la velocidad de rotación del rotor de la máquina de inducción. Así, para la segunda señal puede tratarse, por ejemplo, directamente de la velocidad de rotación, captada mediante un correspondiente sensor de velocidad de rotación, del sistema de árbol cardan o del rotor de la máquina de inducción. Alternativamente puede tratarse también de una señal proporcional al par de giro del sistema de árbol cardan y con ello al par de giro del rotor de la máquina de inducción. En el caso más sencillo con la relación de conversión $i = 1$, son idénticas la velocidad de rotación del sistema de árbol cardan y la velocidad de rotación del rotor, o el par de giro del sistema de árbol cardan y el par de giro del rotor.

La presente invención se refiere además a un dispositivo correspondiente para detectar los fallos de alineación entre el árbol de accionamiento y el árbol secundario de un sistema de árbol cardan, en particular en la zona del tren de accionamiento de un vehículo sobre raíl, que está acoplado con la máquina de inducción. Según la invención, este dispositivo comprende un dispositivo de determinación para determinar una señal de fallo de alineación representativa del grado de un fallo de alineación, mediante la correlación de una primera señal, característica para la velocidad de rotación de la máquina de inducción, con una segunda señal, característica para el movimiento de rotación del sistema de árbol cardan.

Un dispositivo semejante es apropiado para efectuar el procedimiento según la invención. Las características y ventajas de un dispositivo semejante ya han sido descritas, citadas anteriormente, mediante el procedimiento según la invención.

El dispositivo de determinación trabaja según el procedimiento de correlación descrito arriba. Preferiblemente está configurado para efectuar la correlación a la manera de una correlación ortogonal, por lo que pueden obtenerse resultados especialmente estables y seguros.

Para generar las componentes ortogonales entre sí de la primera señal, que se emplean para la correlación, que se efectúa a la manera de una correlación ortogonal, el dispositivo de determinación comprende para una variante preferida del dispositivo según la invención, un dispositivo de ortogonalización unido con el primer dispositivo transmisor, para descomponer la primera señal en una primera componente y una segunda componente ortogonal a esta. Sin embargo se entiende que un dispositivo semejante de ortogonalización puede suprimirse frecuentemente, ya que las componentes ortogonales están presentes frecuentemente de todos modos en la técnica de mando de operaciones industriales del accionamiento, por ejemplo, están calculados de forma correspondiente. Además, está previsto un dispositivo correspondiente de correlación, para correlacionar la primera y la segunda componente a la manera de una correlación ortogonal con la segunda señal para determinar la señal de fallo de alineación.

En variantes especialmente ventajosas, construidas sencillamente del dispositivo según la invención, el dispositivo de correlación comprende los siguientes componentes:

- un primer dispositivo de multiplicación unido con el dispositivo de ortogonalización para formar un primer producto de la primera componente y la segunda señal, así como un segundo dispositivo de multiplicación unido con el dispositivo de ortogonalización para formar un segundo producto de la segunda componente y la segunda señal.

- un primer dispositivo de integración unido con el primer dispositivo de multiplicación para formar una primera integral a través del primer producto, así como un segundo dispositivo de integración unido con el segundo dispositivo de multiplicación para formar una segunda integral a través del segundo producto.

- 5
- un primer dispositivo de elevación al cuadrado unido con el primer dispositivo de integración para formar un primer cuadrado de la primera integral, así como un segundo dispositivo de elevación al cuadrado unido con el segundo dispositivo de integración para formar un segundo cuadrado de la segunda integral.
- 10
- un dispositivo de adición unido con el primer y el segundo dispositivo de elevación al cuadrado para formar una primera suma del primer y el segundo cuadrado, así como
 - un dispositivo de raíz cuadrada unido con el dispositivo de adición para formar la señal de fallo de alineación en forma de la raíz cuadrada de la primera suma.

15 El dispositivo de ortogonalización, el dispositivo de multiplicación, el dispositivo de integración, el dispositivo de elevación al cuadrado, el dispositivo de adición y el dispositivo de raíz cuadrada pueden estar formados además cada vez por componentes electrónicos sencillos. Los dispositivos de integración pueden estar formados, por ejemplo, cada vez por filtros pasobajo sencillos.

20 Preferiblemente está previsto un primer dispositivo transmisor unido con el dispositivo de determinación, para la transferencia de una señal en forma de una señal cuya frecuencia es directamente proporcional a la frecuencia del campo rotatorio, por lo que de forma sencilla se realiza la relación directa arriba mencionada respecto a la velocidad de rotación.

25 Preferiblemente se emplea como primera señal una señal característica del campo rotatorio, adaptada a la frecuencia de deterioro que aparece en caso de fallo de alineación en el sistema de árbol cardan, por lo que el primer dispositivo transmisor está configurado para emitir una primera señal en forma de una señal característica para el campo rotatorio, adaptada a la frecuencia de deterioro que aparece en caso de fallo de alineación en el sistema de árbol cardan.

30 En los casos de una máquina de inducción con un número de pares de polos N y una relación de conversión i entre la velocidad de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan y la velocidad de rotación n_L del rotor de la máquina de inducción, el primer dispositivo transmisor está configurado preferiblemente para emitir una primera señal cuya frecuencia corresponde esencialmente a $2i/N$ veces la frecuencia del campo rotatorio.

35 Variantes especialmente ventajosas del dispositivo según la invención se destacan porque el primer dispositivo transmisor está configurado para emitir una primera señal que es proporcional a la variable de evaluación del campo rotatorio o proporcional a una variable acoplada con el campo rotatorio.

40 En variantes apropiadas, en el dispositivo según la invención está previsto un segundo dispositivo transmisor, unido con el dispositivo de determinación, que está configurado para emitir una segunda señal, que es proporcional a la velocidad de rotación del rotor de la máquina de inducción o proporcional a la velocidad de rotación del sistema de árbol cardan. Alternativamente, el segundo dispositivo puede estar configurado para emitir una segunda señal que es proporcional al par de giro del rotor de la máquina de inducción o que es proporcional al par de giro del sistema de árbol cardan.

50 La presente invención se refiere además a un vehículo sobre raíl con un dispositivo de accionamiento, que comprende una máquina de inducción y un sistema de árbol cardan acoplado con ella, y con un dispositivo según la invención para detectar los fallos de alineación entre el árbol de accionamiento y el árbol secundario del sistema de árbol cardan. El dispositivo según la invención para detectar los fallos de alineación del sistema de árbol cardan está unido luego preferiblemente con el dispositivo de control para la máquina de inducción, que actúa en función de la señal determinada de fallo de alineación sobre la máquina de inducción u otros dispositivos del vehículo sobre raíl.

55 Se entiende que para la máquina de inducción descrita anteriormente puede tratarse tanto de un generador como también de un motor, que se acciona a través del sistema de árbol cardan o mueve el sistema de árbol cardan.

Otras formas de realización preferidas de la invención resultan de las reivindicaciones dependientes o de la descripción posterior de ejemplos preferidos de realización, que se refieren a los dibujos adjuntos. Muestran:

60 Figura 1 una representación esquemática de un dispositivo de accionamiento con una realización preferida del dispositivo según la invención para detectar fallos de alineación de un sistema de árbol cardan;

Figura 2 una imagen de diagrama de bloques del dispositivo de la figura 1;

65 Figura 3 una representación esquemática de otro dispositivo de accionamiento con una realización preferida del dispositivo según la invención para detectar los fallos de alineación del sistema de árbol cardan.

ES 2 269 867 T3

La figura 1 muestra una representación esquemática del dispositivo eléctrico de accionamiento 1 de un vehículo sobre raíl con un dispositivo convertidor de potencia 1.1, que alimenta a una máquina de inducción 2, y un sistema de árbol cardan directamente acoplado con el rotor 2.1 de la máquina de inducción 2, en forma de un árbol de transmisión de junta cardan 3. el dispositivo convertidor de potencia 1.1 se alimenta además a través de un suministro apropiado de energía - no representado.

Los ejes de rotación del árbol de accionamiento 3.1 y del árbol secundario 3.2 del sistema de árbol cardan 3, que están unidos a través de un árbol intermedio 3.3, discurren en funcionamiento normal en paralelo uno respecto a otro. Si se produce en el funcionamiento una desviación de ángulo que permanece al menos sobre un recorrido más largo entre el árbol de accionamiento 3.1 y el árbol secundario 3.2 del sistema de árbol cardan 3, en el sistema de árbol cardan 3 se generan vibraciones con una frecuencia f_s , que corresponde a dos veces la velocidad actual de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan 3. Una desviación semejante de ángulo o fallo de alineación del sistema de árbol cardan 3 está indicado - por motivos de claridad en forma extrema - en la figura 2 por la línea 4 a trazos, que debe representar el eje de rotación del árbol secundario con fallo de alineación. La amplitud de estas vibraciones depende del grado de la desviación de ángulo, señalada como fallo de alineación, entre el árbol de accionamiento 3.1 y el árbol secundario 3.2 del sistema de árbol cardan 3.

Si la amplitud de estas vibraciones sobrepasa un valor permitido determinado, o la frecuencia f_s de las vibraciones se sitúa en el rango de resonancia de las piezas individuales del mismo sistema de árbol cardan 3 o del tren de accionamiento, así puede llegarse a un deterioro duradero del sistema de árbol cardan o componentes colindantes del tren de accionamiento hasta su fallo.

Para detectar a tiempo y con fiabilidad un fallo semejante de alineación está previsto un dispositivo 5 según la invención para detectar los fallos de alineación del sistema de árbol cardan 3. Este dispositivo 5 sirve para efectuar el procedimiento según la invención y comprende un dispositivo de determinación 6.

Este dispositivo de determinación 6 sirve para determinar una señal de fallo de alineación S_F , representativa del grado de un fallo de alineación para el sistema de árbol cardan 3, por correlación de una primera señal S_1 , característica del campo rotatorio de la máquina de inducción, con una segunda señal S_2 , característica del movimiento de rotación del sistema de árbol cardan.

La primera señal S_1 se envía por un primer dispositivo transmisor 7, dispuesto en la zona de la máquina de inducción 2, mientras que la segunda señal S_2 se envía por un segundo dispositivo transmisor, dispuesto en la zona del sistema de árbol cardan 3.

El dispositivo de determinación 6 realiza una correlación a la manera de una correlación ortogonal. Mediante esta correlación entre el campo rotatorio, como variable de entrada del conjunto máquina de rotación - sistema de árbol cardan, y el movimiento de rotación del sistema de árbol cardan 3, como variable de salida del conjunto máquina de inducción - sistema de árbol de inducción, de forma ventajosa pueden obtenerse, de la señal obtenida de fallo de alineación S_F , conclusiones sencillas de la función de transmisión o función de descripción, que dependen decisivamente del grado de fallo de alineación del sistema de árbol cardan 3. A través de los conocimientos mediante la función de transmisión, es decir, de la señal de fallo de alineación S_F , pueden sacarse correspondientemente conclusiones del grado de fallo de alineación del sistema de árbol cardan 3.

A este respecto, sobra un seguimiento de la detección dependiendo de la velocidad actual de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan 3, ya que consideran automáticamente, en el procedimiento propuesto, los cambios de la velocidad de rotación a base del empleo de las primeras y las segundas señales S_1 y S_2 , que esencialmente están relacionadas directamente con la velocidad de rotación n_{KW} . Los fallos sin parte periódica de la frecuencia a examinar, por ejemplo, fallos de tipo estático, pueden suprimirse casi a voluntad por la elección apropiada de los parámetros del procedimiento, y por tanto, aparecen en el resultado en una medida correspondientemente pequeña.

La figura 2 muestra una imagen de diagrama de bloques del dispositivo 5, mediante el que debe describirse el procedimiento según la invención.

Para la primera señal S_1 se trata de una señal cuya frecuencia es directamente proporcional a la frecuencia del campo rotatorio f_F . Además, su frecuencia f_1 está adaptada a la frecuencia de deterioro f_s que aparece en caso de fallo de alineación en el sistema de árbol cardan, que es de dos veces la velocidad actual de rotación n_{KW} del sistema de árbol de rotación. Para conseguir esta adaptación, el transmisor 7.1 del primer dispositivo transmisor 7 envía al principio una variable de evaluación S_1 del campo rotatorio de la máquina de inducción 2 con la frecuencia f_1' , que corresponde a aquella del campo rotatorio. La frecuencia f_1' se transforma luego por el dispositivo de adaptación 7.2 según la ecuación

$$f_1 = f_1' (2 i / N)$$

en la frecuencia f_1 , donde N es el número de pares de polos y i es la relación de conversión entre la velocidad de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan 3 y la velocidad de rotación n_L del rotor 2.1.

En el ejemplo mostrado es $N = 2$ e $i = 1$, de forma que la primera señal $S_1 = S_1'$ es una variable de evaluación del campo rotatorio de la máquina de inducción 2 con la frecuencia $f_1 = f_1' = f_r$ del campo rotatorio. Por ello se entiende que también puede faltar un dispositivo especial de adaptación 7.2 en otras variantes de la invención con este número de pares de polos $N = 2$ y la relación de compensación $i = 1$.

La segunda señal S_2 enviada por el dispositivo transmisor 8 corresponde a la velocidad de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan 3. En la figura 1 está dispuesto el segundo dispositivo transmisor 8 en la zona del árbol de accionamiento 3.1 del sistema de árbol cardan 3. Sin embargo se entiende que puede estar dispuesto en otras variantes también en la zona del árbol secundario del sistema de árbol cardan. Además se entiende que en otras variantes de la invención puede emplearse, por ejemplo, también la velocidad de rotación n_L del rotor de la máquina de inducción.

Las señales S_1 y S_2 se correlacionan entre sí en el dispositivo y a la manera de una correlación ortogonal para determinar una señal de fallo de alineación S_F , que se transfiere luego a un dispositivo de control 9, unido con el dispositivo convertidor de potencia 1.1 para el procesamiento ulterior.

En un primer paso se genera además en el dispositivo de ortogonalización 10 del dispositivo de determinación 6 una primera componente K_1 de la primera señal S_1 y una segunda componente K_2 ortogonal a esta de la primera señal S_1 . En este caso se entiende que en otras variantes, en las que están presentes ya de todos modos las correspondientes componentes ortogonales de la primera señal, por ejemplo, por cálculo, puede faltar también un correspondiente dispositivo de ortogonalización. Las componentes ortogonales pueden cargarse luego, por ejemplo, de la técnica de mando de operaciones industriales, para otro empleo. Este es frecuentemente el caso, en particular para técnicas correspondientemente modernas de mando de operaciones industriales.

En un segundo paso se correlacionan luego la primera y la segunda componente de la primera señal S_1 a la manera de una correlación ortogonal con la segunda señal S_2 para determinar la señal de fallo de alineación S_F .

A este respecto, el segundo paso contiene preferiblemente el siguiente proceso. Primero se multiplica la primera componente K_1 en un primer dispositivo de multiplicación 11.1 con la segunda señal S_2 para formar un primer producto P_1 , así como la segunda componente K_2 se multiplica en un segundo dispositivo de multiplicación 11.2 con la segunda señal S_2 para formar un segundo producto.

A continuación se integra el primer producto P_1 disponible a la salida del primer dispositivo de multiplicación 11.1, en un primer dispositivo de integración en forma de un primer filtro pasobajo 12.1, para formar una primera integral. Igualmente se integra el segundo producto P_2 disponible a la salida del segundo dispositivo de multiplicación 11.2, en un segundo dispositivo de integración en forma de un segundo filtro pasobajo, para formar una segunda integral I_2 .

La primera integral I_1 , disponible en la salida del primer filtro pasobajo 12.1, se integra luego en un primer dispositivo de elevación al cuadrado 13.1 para formar un primer cuadrado Q_1 . Lo mismo se realiza para la segunda integral I_2 , colocada a la salida del segundo filtro pasobajo 12.2, que se eleva al cuadrado en un segundo dispositivo de elevación al cuadrado 13.2 para formar un segundo cuadrado Q_2 .

Finalmente, el primer y el segundo cuadrado Q_1 o Q_2 , disponibles a la salida correspondiente del primer o segundo dispositivo de elevación al cuadrado, se adicionan en un dispositivo de adición 14 en una primera suma SUM_1 .

Para formar la señal de fallo de alineación S_F se forma luego de la primera suma SUM_1 , disponible en la salida del dispositivo de adición 14, en un dispositivo de raíz cuadrada 15, la raíz cuadrada de la primera suma SUM_1 , que forma la señal de fallo de alineación S_F .

Esta raíz cuadrada o la señal de fallo de alineación S_F representa por último un valor, representativo para la cantidad de la función de transferencia o función de descripción, representada como número complejo, del conjunto máquina de inducción - sistema de árbol cardan. Este valor se transfiere al dispositivo de control 9, donde se compara con un valor umbral S_{FS} determinado para detectar la existencia de un fallo de alineación no aceptable del sistema de árbol cardan.

Si se sobrepasa este valor umbral S_{FS} , puede emitirse por el dispositivo de control 9, por ejemplo, una señal correspondiente de aviso mediante la excitación apropiada de un dispositivo correspondiente. Alternativa o adicionalmente puede dirigirse el dispositivo convertidor de potencia 1.1 según las especificaciones correspondientes en el dispositivo de control 9. Esto puede llegar hasta la desconexión de la máquina de inducción 2.

La figura 3 muestra, como modificación del ejemplo de la figura 1, una representación esquemática del dispositivo eléctrico de accionamiento 1' de un vehículo sobre raíl, con un dispositivo convertidor de potencia 1.1', que alimenta a una máquina de inducción 2, y con un sistema de árbol cardan, acoplado directamente con el rotor 2.1' de la máquina de inducción 2', en forma de un árbol cardan 3'. El dispositivo convertidor de potencia 1.1' se alimenta además a través de un suministro apropiado de energía - no representado.

El árbol de accionamiento 3.1' y el árbol secundario 3.2' del árbol cardan 3' se alinean uno con otro durante el funcionamiento normal. Si en funcionamiento se produce una desviación de ángulo que permanece al menos durante un recorrido más largo, entre el árbol de accionamiento 3.1' y el árbol secundario 3.2' del árbol cardan 3', en el árbol

ES 2 269 867 T3

cardan 3', se generan vibraciones con una frecuencia f_s , que corresponde a dos veces la velocidad actual de rotación n_{KW} del árbol cardan 3'. Una desviación semejante de ángulo o fallo de alineación del árbol cardan 3' está indicado - por motivos de claridad en forma extrema - en la figura 3 por la línea 4' a trazos, que debe representar el eje de rotación del árbol secundario con fallo de alineación. La amplitud de estas vibraciones depende del grado de la desviación de ángulo, señalada como fallo de alineación, entre el árbol de accionamiento 3.1' y el árbol secundario 3.2' del sistema de árbol cardan 3'.

Si la amplitud de estas vibraciones sobrepasa un valor permitido determinado, o la frecuencia f_s de las vibraciones se sitúa en el rango de resonancia de las piezas individuales del mismo sistema de árbol cardan 3' o del tren de accionamiento, así puede llegarse a un deterioro duradero del sistema de árbol cardan o componentes colindantes del tren de accionamiento hasta su fallo.

Para detectar a tiempo y con fiabilidad un fallo semejante de alineación está previsto un dispositivo 5' según la invención para detectar los fallos de alineación del sistema de árbol cardan 3'. Este dispositivo 5' sirve para efectuar el procedimiento según la invención y corresponde en su construcción y su función a aquel de la figura 1, de forma que en este punto sólo debe remitirse a las realizaciones arriba situadas. Además, componentes idénticos o que actúan igualmente están señalados en la figura 3 con la misma cifra de referencia complementados con una raya.

Se entiende que la presente invención puede emplearse no solo en relación con vehículos sobre raíl, sino también en relación con cualquier otro vehículo. Además se entiende que la máquina de inducción descrita anteriormente, en otras realizaciones de la invención, también puede ser un generador, que se mueve a través de un sistema de árbol cardan.

La presente invención presenta la ventaja de que en la técnica de mando de operaciones industriales de modernos accionamientos o generadores, en general están a disposición directamente tanto señales S_1 , características del campo rotatorio de la máquina de inducción, como también señales S_2 , características del movimiento de rotación del sistema de árbol cardan, de forma que también la primera y la segunda señal S_1 o S_2 directamente están a disposición o de forma sencilla pueden obtenerse de las señales disponibles.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar los fallos de alineación entre el árbol de accionamiento (3.1; 3.1') y el árbol secundario (3.2; 3.2') de un sistema de árbol cardan (3; 3'), en particular en la zona del tren de accionamiento de un vehículo sobre raíles, que está acoplado con una máquina de inducción (2; 2'), **caracterizado** porque una señal de fallo de alineación representativa del grado del fallo de alineación se determina por la correlación de una primera señal, característica del campo rotatorio de la máquina de inducción (2; 2'), con una segunda señal, característica del movimiento de rotación del sistema de árbol cardan (3; 3').

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la correlación se efectúa a la manera de una correlación ortogonal.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque, en un primer paso, se forman una primera componente de la primera señal y una segunda componente de la primera señal, ortogonal a esta, y en un segundo paso, la primera y la segunda componente se correlacionan a la manera de una correlación ortogonal con la segunda señal para determinar la señal de fallo de alineación.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque en el segundo paso

- la primera componente se multiplica con la segunda señal para formar un primer producto, así como la segunda componente se multiplica con la segunda señal para formar un segundo producto,
- el primer producto se integra para formar una primera integral, así como el segundo producto se integra para formar una segunda integral,
- la primera integral se eleva al cuadrado para formar un primer cuadrado, así como la segunda integral se eleva al cuadrado para formar un segundo cuadrado,
- el primer y el segundo cuadrado se adicionan para formar una primera suma y
- se genera la raíz cuadrada de la primera suma para formar la señal de fallo de alineación.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la primera señal es una señal cuya frecuencia es proporcional a la frecuencia del campo rotatorio.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque una señal característica del campo rotatorio, adaptada a la frecuencia de deterioro que aparece en caso de fallo de alineación en el sistema de árbol cardan (3; 3') se utiliza como primera señal.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado** porque en una máquina de inducción (2; 2') con número de pares de polos N y una relación de conversión i entre la velocidad de rotación n_{kw} del sistema de árbol cardan y la velocidad de rotación n_L del rotor (2.1; 2.1') de la máquina de inducción (2; 2'), la primera señal está formada por una señal cuya frecuencia corresponde esencialmente a $2i/N$ veces la frecuencia del campo rotatorio.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la primera señal es proporcional a una variable de evaluación del campo rotatorio o proporcional a una variable acoplada con el campo rotatorio.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la segunda señal es proporcional a la velocidad de rotación del rotor (2.1; 2.1') de la máquina de inducción (2; 2') o a la velocidad de rotación del sistema de árbol cardan (3; 3'), o es proporcional al par de giro del rotor (2.1; 2.1') de la máquina de inducción (2; 2') o al par de giro del sistema de árbol cardan (3; 3').

10. Dispositivo para detectar fallos de alineación entre el árbol de accionamiento (3.1; 3.1') y el árbol secundario (3.2; 3.2') de un sistema de árbol cardan (3; 3'), en particular en la zona del tren de accionamiento de un vehículo sobre raíles, que está acoplado con una máquina de inducción (2; 2'), **caracterizado** porque un dispositivo de determinación está previsto para determinar una señal de fallo de alineación, representativa del grado de fallo de alineación, por correlación de una primera señal, característica del campo rotatorio de la máquina de inducción (2; 2'), con una segunda señal, característica del movimiento de rotación del sistema de árbol cardan (3; 3').

11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado** porque el dispositivo de determinación (6; 6') está configurado para efectuar la correlación a la manera de una correlación ortogonal.

12. Dispositivo según la reivindicación 10 ó 11, **caracterizado** porque el dispositivo de determinación (6; 6') comprende un dispositivo de ortogonalización (10), unido con un primer dispositivo transmisor (7; 7') para la emisión de la primera señal, diseñado para la descomposición de la primera señal en una primera componente y en una segunda componente ortogonal a esta, así como un dispositivo de correlación (6.1) para la correlación de la primera y la

segunda componente a la manera de una correlación ortogonal con la segunda señal para determinar la señal de fallo de alineación.

13. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado** porque el dispositivo de correlación (6.1) comprende

- un primer dispositivo de multiplicación (11.1) unido con el dispositivo de ortogonalización (10) para formar un primer producto de la primera componente y la segunda señal, así como un dispositivo de multiplicación (11.2) unido con el dispositivo de ortogonalización (10) para formar un segundo producto de la segunda componente y la segunda señal,
- un segundo dispositivo de integración (12.1) unido con el primer dispositivo de multiplicación (11.1) para formar una primera integral a través del primer producto, así como un segundo dispositivo de integración (12.2) unido con el segundo dispositivo de multiplicación (11.2) para formar una segunda integral a través del segundo producto,
- un primer dispositivo de elevación al cuadrado (13.1) unido con el primer dispositivo de integración (12.1) para formar un primer cuadrado de la primera integral, así como un segundo dispositivo de elevación al cuadrado (13.2) unido con el segundo dispositivo de integración (12.2) para formar un segundo cuadrado de la segunda integral,
- un dispositivo de adición (14) unido con el primer y con el segundo dispositivo de elevación al cuadrado (13.1, 13.2) para formar una primera suma del primer y del segundo cuadrado, y
- un dispositivo de raíz cuadrada (15) unido con el dispositivo de adición (14) para formar la señal de fallo de alineación en forma de raíz cuadrada de la primera suma.

14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado** porque está previsto un primer dispositivo transmisor (7), unido con el dispositivo de determinación (6), que está configurado para transferir una primera señal en forma de una señal cuya frecuencia es proporcional a la frecuencia del campo rotatorio.

15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado** porque el primer dispositivo transmisor (7; 7') está configurado para emitir una primera señal en forma de una señal, característica del campo rotatorio, adaptada a la frecuencia de deterioro que aparece en caso de fallo de alineación en el sistema de árbol cardan.

16. Dispositivo según la reivindicación 15, **caracterizado** porque el primer dispositivo transmisor (7; 7') en una máquina de inducción (2; 2') está configurado con un número de pares de polos N y una relación de conversión i entre la velocidad de rotación n_{KW} del sistema de árbol cardan (3; 3') y la velocidad de rotación n_L del rotor (2.1; 2.1') de la máquina de inducción (2; 2'), para emitir una primera señal cuya frecuencia corresponde esencialmente a $2i/N$ veces la frecuencia de campo rotatorio.

17. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 16, **caracterizado** porque el primer dispositivo transmisor (7; 7') está configurado para emitir una primera señal que es proporcional a una variable de evaluación del campo rotatorio o proporcional a una variable acoplada con el campo rotatorio.

18. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 17, **caracterizado** porque está previsto un segundo dispositivo transmisor (8; 8'), unido con el dispositivo de determinación (6; 6'), que está configurado para emitir una segunda señal, que es proporcional a la velocidad de rotación del rotor (2.1; 2.1') de la máquina de inducción (2; 2') o a la velocidad de rotación del sistema de árbol cardan (3; 3'), o es proporcional al par de giro del rotor (2.1; 2.1') de la máquina de inducción (2; 2') o al par de giro del sistema de árbol cardan (3; 3').

19. Vehículo sobre raíles con un dispositivo de accionamiento (1; 1'), que comprende una máquina de inducción (2; 2') y un sistema de árbol cardan (3; 3') acoplado con ella, y un dispositivo (5; 5') para la detección de los fallos de alineación entre el árbol de accionamiento (3.1; 3.1') y el árbol secundario (3.2; 3.2') del sistema de árbol cardan (3) según una de las reivindicaciones 10 a 18.

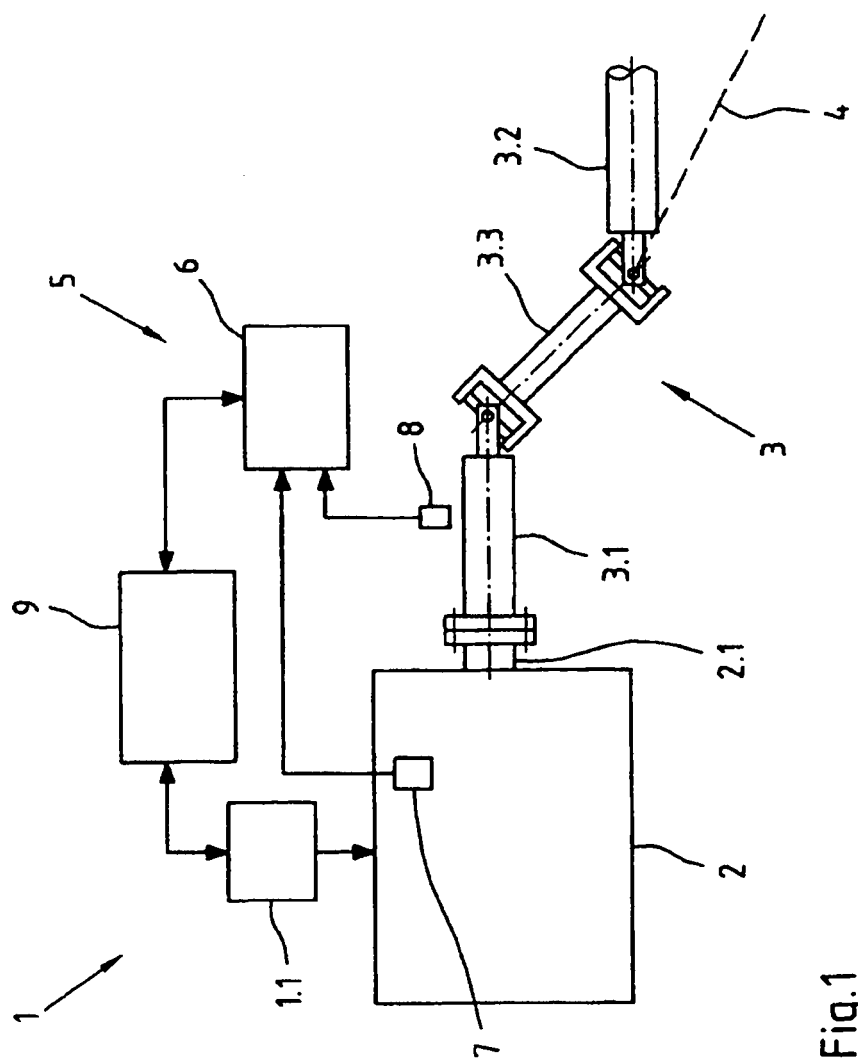


Fig.1

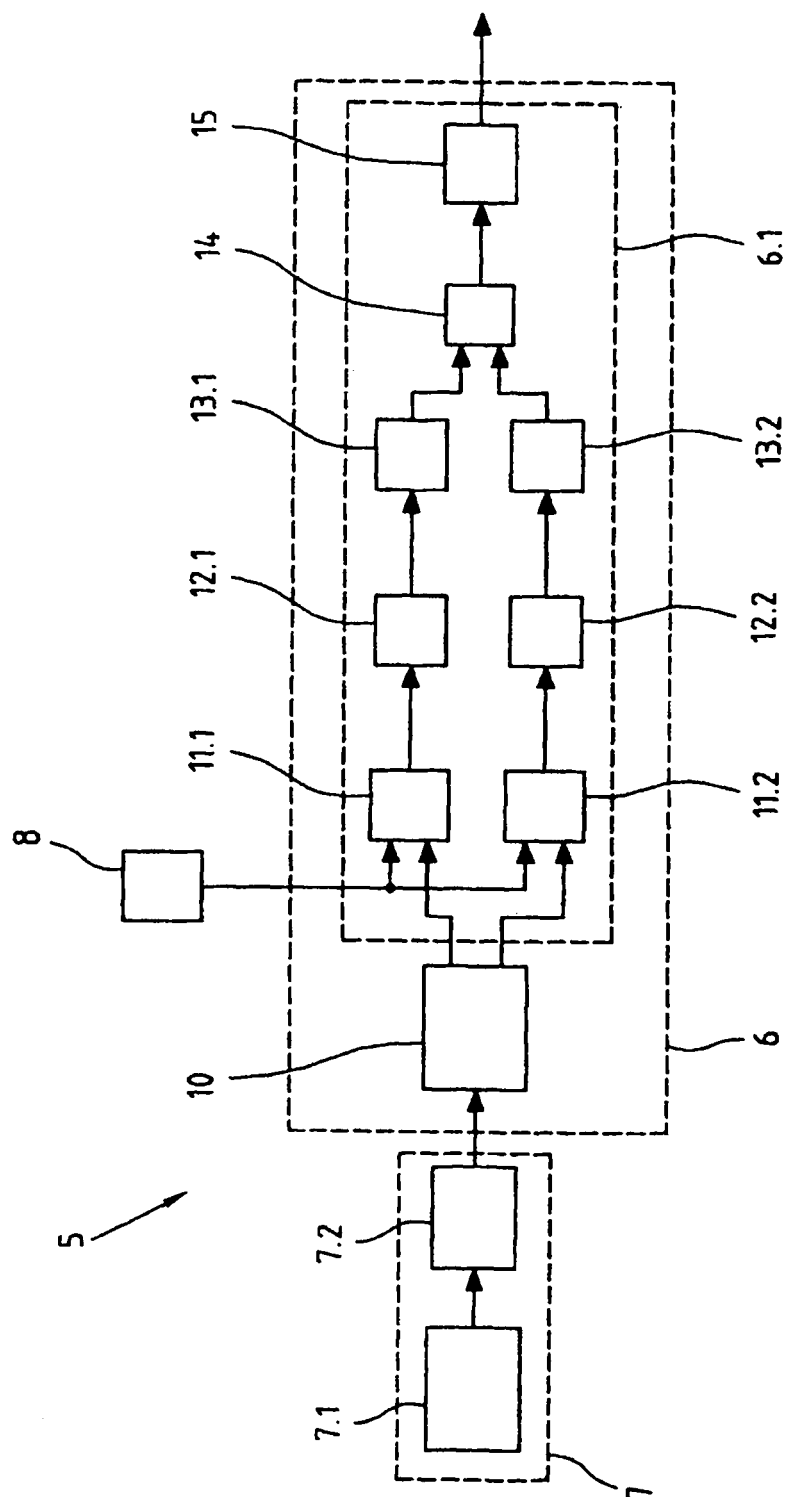


Fig.2

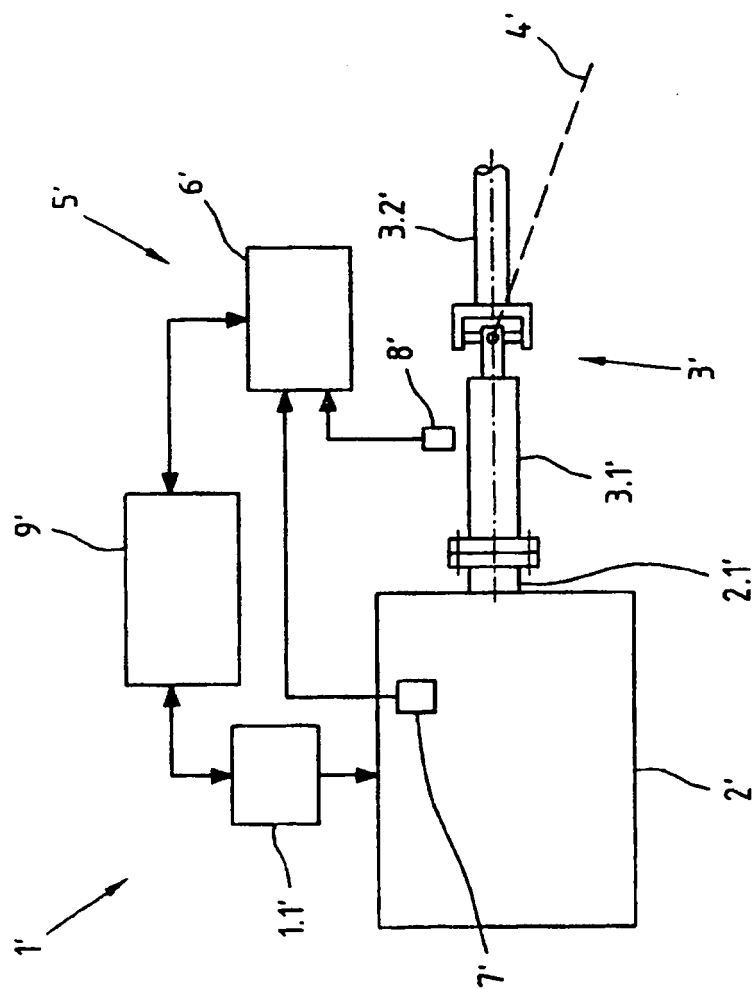


Fig.3