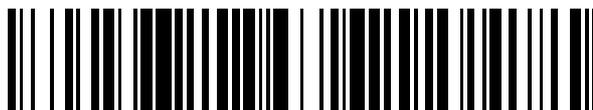


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 686**

51 Int. Cl.:

D06F 33/02 (2006.01)

D06F 37/20 (2006.01)

D06F 37/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04739780 .7**

96 Fecha de presentación: **10.06.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1636410**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.03.2006**

54

Título: **Procedimiento para detectar condiciones desequilibradas de una carga giratoria accionada por un motor síncrono y para controlar dicho motor**

30

Prioridad:

11.06.2003 EP 03425379

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:

12.12.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:

12.12.2012

73

Titular/es:

**ASKOLL HOLDING S.R.L. (100.0%)
VIA INDUSTRIA, 30
36031 POVOLARO DI DUEVILLE (VICENZA), IT**

72

Inventor/es:

MARIONI, ELIO

74

Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 392 686 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 para detectar condiciones desequilibradas de una carga giratoria accionada por un motor síncrono y para controlar dicho motor

Campo de aplicación

5 La presente invención se refiere, en su aspecto más general, a un procedimiento para detectar condiciones de desequilibrio de una carga giratoria accionada por un motor eléctrico síncrono y para controlar la activación de dicho motor.

10 En particular, esta invención se refiere a un procedimiento para detectar condiciones de carga desequilibradas en lavadoras, máquinas lavadoras y electrodomésticos con tambor giratorio similares, en el que el tambor es accionado en rotación mediante un motor eléctrico síncrono de imán permanente. El procedimiento proporciona el control de la alimentación del motor eléctrico para reducir drásticamente las vibraciones y las oscilaciones, así como los efectos no deseados de estas vibraciones, tales como: ruido, agitación y falta de uniformidad de la operación.

Técnica anterior

15 Como es bien sabido, las máquinas lavadoras domésticas están equipadas con un tambor giratorio que es accionado en rotación mediante un motor eléctrico.

En el dominio de la presente invención, máquinas lavadoras significa cualquier tipo de aparato electrodoméstico que tiene un tambor giratorio que contiene una carga variable, tanto para la masa como para la disposición de espacio en el interior del tambor.

Algunas soluciones para determinar posibles desequilibrios de la carga en el tambor giratorio ya se conocen.

20 Una primera solución técnica conocida se describe, por ejemplo, en la patente europea n.º EP 0 143 685 relativa a un procedimiento para determinar la masa de ropa en el tambor mediante la medición del valor del par en el tambor giratorio durante una etapa operativa de aceleración constante.

Sin embargo, esta solución no ayuda en la determinación de un desequilibrio de la carga.

25 Otra solución descrita en la técnica anterior en la patente europea n.º EP 71 308 sugiere detectar un desequilibrio de la carga mediante la monitorización de solamente la velocidad de rotación del tambor mediante una dinamo de velocímetro. Bruscas variaciones de velocidad son representativas de un desequilibrio de la carga.

Este procedimiento, sin embargo, no es completamente fiable y no proporciona resultados muy precisos debido a la medición indirecta, contra un coste considerable debido a la disposición de los componentes electrónicos para la monitorización de las variaciones de velocidad.

30 Otras soluciones se describen en la patente de los EE.UU. n.º 5.507.054, en la solicitud de los EE.UU. n.º 2002/0035757 y en la patente europea n.º 0 476 588, pero se refieren, sin embargo, a procedimientos no del todo satisfactorios en términos de costes y/o rendimientos proporcionados.

35 Además hay que decir que el tambor giratorio de la lavadora es accionado en rotación mediante motores eléctricos universales de anillo deslizante diseñados con un estátor externo y un rotor central bobinado con ranuras, que está limitado a un eje de rotación que es integral con una polea. El tambor está conectado cinemáticamente a la polea por medio de una segunda polea y una correa de transmisión.

Estos motores universales tienen algunos problemas de eficiencia y consumo por lo tanto en contraste con las tendencias actuales de ahorro de energía. Otros inconvenientes se deben a la alta velocidad de rotación y a la baja torsión estática, imponiendo elevadas relaciones de accionamiento.

40 Las lavadoras cuyo tambor es accionado giratoriamente por un motor síncrono de imán permanente solamente se han comercializado recientemente. Esta solución se describe por ejemplo en la patente de los EE.UU. n.º 6.341.507 de Miele. Este documento se refiere a una máquina lavadora que incluye un motor síncrono 10 dispuesto en el tambor 6 y que comprende bobinas unipolares accionadas por un convertidor de frecuencia que proporciona valores de tensión para suministrar corrientes continuas en todos los aspectos.

45 El uso de motores síncronos implica la solución de los problemas de accionamiento debido al hecho de que el flujo magnético de excitación, que es constante debido a los imanes permanentes, requiere absorciones de corriente relativamente más altas mediante las bobinas del estátor para ajustar convenientemente las variaciones de velocidad y dirección de la rotación del motor.

50 Además, para limitar la corriente en la bobina única, con el objetivo de evitar el riesgo de desmagnetización, el estátor debe dividirse en un mayor número de polos.

Estas características del motor síncrono hacen particularmente complejo el accionamiento del motor durante las etapas cuando la carga está desequilibrada y no es fácilmente determinable en base a los diversos procedimientos previstos para el accionamiento de los motores universales. La solución anterior descrita en la patente de los EE.UU. N.º 6.341.507 no proporciona sugerencias sobre cómo manejar condiciones de desequilibrio de la carga.

- 5 Una solución conocida para la detección de una condición de desequilibrio en una carga accionada por un motor se describe en la otra patente de los EE.UU. N.º 5.677.606, que se refiere a un dispositivo electrónico para un motor trifásico de inducción que comprende medios de detección de corriente para detectar el valor instantáneo de la corriente de entrada, medios para determinar un valor medio de corriente, medios de comparación para comparar esos dos valores, un contador para contar el número de veces que los valores detectados superan un valor de referencia predeterminado y medios para detener el movimiento de la carga después de un número predeterminado de valores excedidos.

Esta solución, sin embargo, no se refiere a un motor síncrono.

- 15 El problema técnico que subyace en la presente invención es proporcionar un procedimiento que permita que una masa desequilibrada se detecte con bastante precisión y rapidez en la carga del tambor giratorio de una máquina lavadora accionada por un motor síncrono con un rotor de imán permanente y una intervención en tiempo real en el accionamiento del motor síncrono para reducir en tiempo real cualquier oscilación en el buje desvaneciendo así las posibles vibraciones posteriores de toda la estructura de la máquina lavadora.

Sumario de la invención

- 20 La idea de solución subyacente en la presente invención se mueve desde la premisa de que existe una relación entre el desequilibrio de la carga y la corriente absorbida por el motor síncrono y proporciona una medición del diferencial de corriente a diferentes velocidades de rotación del tambor de la máquina. El procedimiento se aplica ventajosamente a una máquina equipada con un motor síncrono que tiene un rotor externo que está conectado cinemáticamente al tambor giratorio de la máquina con una relación de accionamiento relativamente baja.

- 25 Sobre la base de esta idea de solución el problema técnico se resuelve de acuerdo con la presente invención mediante un procedimiento tal como se ha indicado previamente y caracterizado por las siguientes etapas:

- monitorizar y detectar constantemente la corriente instantánea absorbida por el motor;
- calcular en tiempo real el valor de una masa desequilibrada sobre la base de la variación de dicha corriente a partir de una referencia predeterminada obtenida a partir del resultado experimental y mediante la aplicación de una fórmula de cálculo representativa del tipo de desequilibrio de la carga;
- 30 - accionar la corriente de dicho motor de acuerdo con dicho valor de masa desequilibrada ajustando la velocidad de revolución angular del motor.

Las características y ventajas del procedimiento de acuerdo con la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización de la misma con referencia a los dibujos adjuntos, dados a modo de ejemplo no limitativo.

35 Breve descripción de los dibujos

En los dibujos:

- la figura 1 muestra esquemáticamente una máquina lavadora que incorpora un motor eléctrico síncrono de rotor externo de acuerdo con la presente invención;
- 40 la figura 2 es una vista esquemática del tambor de la máquina lavadora de la figura 1 que incorpora una masa excéntrica que produce un desequilibrio estático;
- la figura 3 es una vista esquemática de los efectos sobre el tambor de la masa excéntrica de la figura 2;
- la figura 4 es una vista esquemática del tambor de la máquina lavadora de la figura 1 que incorpora una masa excéntrica que produce un desequilibrio dinámico;
- la figura 5 es una vista esquemática de los efectos sobre el tambor de la masa excéntrica de la figura 4;
- 45 la figura 6 es una vista esquemática del tambor de la máquina lavadora de la figura 1 que incorpora una masa excéntrica que produce un desequilibrio estático-dinámico combinado;
- la figura 7 es una vista esquemática de los efectos sobre el tambor de la masa excéntrica de la figura 6;
- las figuras 8 y 9 son respectivas vistas esquemáticas que muestran las posibles direcciones de vibración del tambor de la máquina lavadora con una carga desequilibrada;

la figura 10 muestra un diagrama que muestra una relación de linealidad entre el par generado por el motor sincrónico de la máquina de la figura 1 y la corriente I_q absorbida por el mismo motor;

la figura 11 es una vista esquemática de un diagrama de flujo que muestra las etapas de funcionamiento del procedimiento según la invención;

5 la figura 12 es una vista esquemática de un principio de computación adoptado para el procedimiento de la presente invención;

la figura 13 es una vista esquemática en bloques más detallada del principio de computación de la figura 12.

Descripción detallada

10 Con referencia a los dibujos, 1 muestra esquemáticamente una máquina lavadora con tambor giratorio 2, para el que se utiliza un motor eléctrico síncrono 3, de acuerdo con la presente invención. En particular, el motor eléctrico 3 es un motor de imán permanente y del llamado tipo de rotor externo, es decir del tipo en el que el rotor 4 está montado externamente en el respectivo estátor.

15 De manera convencional, el motor 3 está conectado cinemáticamente al tambor giratorio 2 de la máquina lavadora 1 por medio de una conexión de correa y polea 5 que se puede ver en la figura 1 caracterizada por una relación de accionamiento relativamente baja.

El motor 3 acciona en rotación el tambor 2 con una velocidad angular w ajustada por un dispositivo de control electrónico, generalmente un circuito inversor de accionamiento, que opera sobre la corriente I_q absorbida por el motor síncrono.

La corriente I_q se considera como una señal eléctrica proporcional a la salida del par producido por el motor 3.

20 El procedimiento de acuerdo con la invención permite que se determine una masa de ropa desequilibrada m insertada en el tambor giratorio en 2 de la máquina 1.

La figura 2 muestra muy esquemáticamente el tambor 2 que contiene una masa desequilibrada m .

La presencia de esta masa desequilibrada m provoca una oscilación del tambor en la dirección de las flechas A, B y E de las figuras 8 y 9. Sustancialmente en la dirección de los ejes X, Y y Z.

25 Esta condición de desequilibrio será llamada a partir de ahora desequilibrio "estático" S_b en el sentido de que principalmente se produce a una velocidad de rotación constante, es decir cuando hay un número de motor predeterminado y constante de revoluciones RPM durante la etapa de lavado.

30 La situación que se muestra esquemáticamente en la figura 4 se refiere por el contrario a un desequilibrio "dinámico" S_d de la masa m que provoca que un tambor 2 oscile en las direcciones C, D y F, pero con una amplitud mayor n respecto al desequilibrio estático.

Una posible combinación de los dos tipos de desequilibrio, estático y dinámico, se muestra esquemáticamente en la figura 6 y se refiere a un tipo de desequilibrio que causa que un tambor 2 oscile con una combinación lineal de modos de vibración de acuerdo con las direcciones A, B, C, D, E y F.

35 El procedimiento de acuerdo con la invención se mueve desde la premisa de que existe una relación entre el desequilibrio de la carga, ya sea estático o dinámico, y la corriente I_q absorbida por el motor síncrono. Más específicamente, la corriente I_q se obtiene de acuerdo con la transformada por Clark & Park a las corrientes de fase del motor.

40 Una serie de medidas experimentales realizadas por el solicitante han permitido determinar una ley de correlación entre el desequilibrio estático y dinámico y un operador σ que representa la desviación estándar de la corriente I_q absorbida por el motor, incluso de acuerdo con la velocidad de revolución w del tambor 2. Este operador σ se detecta tanto en condiciones de desequilibrio estático como en condiciones de desequilibrio dinámico, tal como será evidente en la siguiente descripción.

Más particularmente, para el desequilibrio estático se aplica la siguiente relación:

$$S_b = m * K1(w) \quad (1)$$

45 Donde: m es la masa desequilibrada que se determina y $K1(w)$ es un valor conocido a partir de una curva experimental obtenido para velocidades de rotación diferentes y para diferentes valores de masa m .

50 Los datos obtenidos a partir de dicha curva experimental se almacenan en una unidad de memoria y se utilizan como una referencia para comparar los valores de corriente y de velocidad detectados con los valores de referencia. La unidad de memoria puede ser por ejemplo un dispositivo de memoria programable no volátil no mostrado en el dibujo que es de un tipo convencional.

El desequilibrio S_b se dibuja simplemente mediante la detección de la desviación estándar σ de la corriente I_q (en $A \times 10^{-3}$) absorbida por el motor, de acuerdo con la siguiente relación:

$$S_b = \sigma(I_q)_{\text{estática}} \quad (2)$$

5 La siguiente tabla 1 muestra algunas medidas experimentales del desequilibrio estático S_b , así como estático y dinámico, de acuerdo con las direcciones de vibración y el número de revoluciones RPM del tambor 2.

En el rango entre 60 y 200 RPM, se puede notar que el desequilibrio estático $\sigma(I_q)$ corresponde a la desviación estándar de la corriente estática I_q , que es casi constante si se mide en ausencia de condiciones de resonancia del sistema. En este rango de RPM solamente el estático + dinámico $\sigma(I_q)$ varía, lo que corresponde a la desviación estándar del estático + I_q dinámico.

10 Tabla 1:

Dirección	$\sigma(I_q)$ ($A \times 10^{-3}$) estático	$\sigma(I_q)$ ($A \times 10^{-3}$) estático + dinámico	W_{ris} (Hz)	RPM tambor
A	118	180	6,8	56,7
B	135	211	9,5	79,2
C	107	194	11,45	95,5
D	94	235	14,56	121,5
E	155	261	16,83	140,7
F	384	537	24,6	205

La figura 10 muestra esquemáticamente un diagrama que muestra la variación de par en Nm del motor 3 de acuerdo con la corriente absorbida I_q , en amperios.

15 Tal como se puede apreciar, la relación entre el par y la corriente es casi lineal para el motor síncrono de imán permanente 3. Esto permite que el valor S_b de desequilibrio se obtenga fácilmente.

Por el contrario, para un desequilibrio dinámico, se aplica la siguiente relación.

$$S_d = m * K_2 * W^\alpha + K_o$$

Donde: K_o , K_2 y α son valores constantes conocidos determinados experimentalmente de manera similar al parámetro K_1 de la relación (1), mientras S_d siempre se proporciona mediante una relación similar a (2), es decir,

20
$$S_d = \sigma(I_q)_{\text{dinámico}} \quad (4)$$

Los diversos parámetros se pueden determinar con una máquina lavadora de referencia cargada con una masa conocida de bajo valor y gracias a la alta sensibilidad del sistema representado por el motor síncrono de rotor externo y por la baja relación de accionamiento. Esta masa se pone en condiciones de desequilibrio estático y dinámico, tal como se muestra en las figuras 6 y 7.

25 Durante las etapas transitorias, por ejemplo cuando se pasa desde la etapa de lavado a la etapa centrífuga, es decir, cuando el tambor 2 es accionado con variaciones de aceleración repentinas, el desequilibrio dinámico prevalece y es posible detectar el valor S_d siempre mediante la medición de la desviación estándar σ de la corriente I_q absorbida por el motor.

30 La variación de la absorción de corriente I_q siempre se produce en relación con una referencia predeterminada, tal como por ejemplo un valor promedio de dicha corriente o un valor umbral predeterminado.

Ventajosamente, según la invención, el procedimiento proporciona así una monitorización constante de la corriente instantánea absorbida por el motor 3 y permite calcular cada variación Δ de dicha corriente I_q .

En una primera etapa de la invención:

35 la masa desequilibrada m se calcula así en tiempo real, sobre la base de la desviación estándar σ de dicha corriente I_q a partir de una referencia predeterminada y mediante la aplicación de la fórmula de cálculo (1) o (2).

En una segunda etapa de la invención:

5 haciendo referencia a la figura 12, la señal de desequilibrio se calcula como la diferencia entre el último valor pico detectado positivo de la corriente I_q y el último valor pico negativo de la misma corriente I_q . En cuanto se refiere a esta segunda etapa y haciendo ahora referencia al ejemplo de la figura 13, la señal de desequilibrio se calcula como una diferencia entre el último valor muestreado de la señal de corriente I_q , en el instante de tiempo en el que el valor absoluto de la primera derivada de la señal I_q es menor que un umbral predeterminado y la segunda derivada de la misma señal I_q es positiva y el último valor muestreado de la señal I_q en el instante de tiempo en el que el valor absoluto de la primera derivada de la señal I_q es menor que un umbral predeterminado y la segunda derivada de la misma señal I_q es negativo.

10 La selección entre la primera o segunda etapa del procedimiento de la invención a aplicar se produce de forma automática sobre la base de los resultados de la detección de la absorción de corriente I_q . Más específicamente, si el control se obtiene a través de una señal sinusoidal, se aplica la segunda etapa, de lo contrario la primera.

15 El valor m representativos de la masa desequilibrada que se obtiene, es así posible de retroalimentar y la corriente de accionamiento del motor 3 para ajustar el funcionamiento del mismo y específicamente, ajustando la velocidad de revolución angular del motor.

Más particularmente, tal como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 11, el procedimiento de la invención se desarrolla de acuerdo con las siguientes etapas:

20 1) El desequilibrio S_b se mide en primer lugar en una serie de valores de rotación del tambor comprendidos entre 60 y 80 revoluciones por minuto. En este intervalo, se produce generalmente una llamada satelización de la carga contra las paredes del tambor.

2) Una etapa de control se realiza después de comprobar que el desequilibrio es inferior a un valor de referencia predeterminado aceptable, por ejemplo $\Delta(I_{q1}) < \Delta(I_{q1})_{AMM}$;

25 3) Si el control da un resultado negativo, el tambor 2 se desacelera, de lo contrario, se realizan otro aumento gradual de la velocidad de rotación y una medida de desequilibrio posterior, pero calculando la diferencia entre: $\Delta(I_{q2}) = \Delta(I_q) - \Delta(I_{q1})$ hasta aproximadamente 150 rpm monitorizando continuamente la variación de la corriente de conmutación entre la realización más conveniente de la invención midiendo el desequilibrio hasta aproximadamente 150 rpm;

4) En este punto una segunda etapa de control permite verificar si el desequilibrio es menor que un segundo valor de referencia predeterminado, por ejemplo $\Delta(I_{q2}) < \Delta(I_{q2})_{AMM}$;

30 5) Si este control adicional da un resultado negativo, una etapa centrífuga se puede realizar a velocidad reducida, monitorizando continuamente el desequilibrio y alternativamente, el tambor puede ralentizarse, pero sin detenerse, para distribuir la carga de nuevo, repitiendo luego la secuencia desde el punto (3);

6) Por el contrario, si el control tiene un resultado positivo, la etapa centrífuga se realiza directamente.

35 A partir de la descripción anterior se desprende claramente que el procedimiento de control de acuerdo con la invención resuelve el problema técnico y logra diversas ventajas, siendo la primera el hecho de que el accionamiento del motor síncrono que opera el tambor siempre puede producirse en condiciones óptimas en comparación con los parámetros experimentales que son representativos de la masa desequilibrada posible en el interior del tambor de la máquina lavadora.

40 Además, la retroalimentación de accionamiento y ajuste de la velocidad de revolución angular del motor permite continuar a la actividad de lavado ralentizando la rotación del motor pero evitando paradas innecesarias del motor síncrono que sufre en la fase de arranque.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar condiciones de desequilibrio de una carga giratoria accionada por un motor eléctrico síncrono (3) en máquinas lavadoras (1) y electrodomésticos similares que incluyen un tambor giratorio (2) y en el que al menos una etapa transitoria está provista de variación de la velocidad angular (w) del tambor giratorio (2), comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:
- 5 - monitorizar y detectar constantemente la corriente instantánea (I_q) absorbida por el motor;
- calcular en tiempo real el valor de masa desequilibrada (m) sobre la base de la variación (Δ) de dicha corriente (I_q) y empezando desde una referencia predeterminada obtenida por resultados experimentales y mediante la aplicación de una fórmula de cálculo representativa del tipo de desequilibrio de carga;
- 10 - accionar la corriente de dicho motor (3) de acuerdo con dicho valor de masa desequilibrada (m) ajustando la velocidad de revolución angular del motor;
- calculándose la señal de desequilibrio como una diferencia entre el último valor muestreado de la señal de corriente (I_q), en el instante de tiempo en el que el valor absoluto de la primera derivada de dicha señal de corriente (I_q) es menor que un umbral predeterminado y la segunda derivada de la misma señal (I_q) es positiva y el último valor muestreado de dicha señal de corriente (I_q) en el instante de tiempo en el que el valor absoluto de la primera derivada de dicha señal de corriente (I_q) es menor que un umbral predeterminado y la segunda derivada de la misma señal (I_q) es negativa.
- 15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque proporciona una comparación entre la desviación estándar (σ) de dicha corriente (I_q) con una referencia predeterminada almacenada en una unidad de memoria que incluye por ejemplo un valor promedio de esta corriente (I_q), o un valor umbral predeterminado.
- 20
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la medida de dicha masa desequilibrada (m) se produce en primer lugar mediante la medición de dicha variación (Δ) de corriente (I_q) con un bajo número de revoluciones del tambor, en el que dicho número bajo de revoluciones está comprendido entre 60 y 80 revoluciones por minuto.
- 25
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque proporciona una etapa para controlar que la variación medida ($\Delta(I_{q1})$) en un número bajo de revoluciones es menor que un valor de referencia predeterminado aceptable ($\Delta(I_{q1})_{AMM}$) y una orden posterior de ralentizar la velocidad de rotación del tambor (w) si esta verificación da un resultado negativo.
- 30
5. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque proporciona una etapa para controlar que la variación medida ($\Delta(I_{q1})$) en un número bajo de revoluciones es menor que un valor de referencia predeterminado aceptable y una orden posterior de aumentar gradualmente la velocidad de rotación del tambor (w) si el control da un resultado positivo.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque el aumento gradual de la velocidad continúa hasta que se alcanzan aproximadamente 150 revoluciones por minuto.
- 35
7. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque proporciona una etapa adicional de controlar que la variación medida ($\Delta(I_{q2})$) en el número aumentado de revoluciones es menor que un segundo valor de referencia predeterminado aceptable ($\Delta(I_{q2})_{AMM}$).
8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque proporciona una etapa centrífuga a velocidad de rotación reducida si dicho control adicional da un resultado negativo.
- 40
9. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque proporciona que se inicie una etapa centrífuga si dicho control adicional da un resultado positivo.
10. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque proporciona una ralentización, sin detención, de la velocidad de rotación del tambor (2) para causar una nueva distribución de la carga si dicho control adicional da un resultado positivo.
- 45
11. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque proporciona una monitorización constante de dicha variación medida ($\Delta(I_{q2})$) en la etapa centrífuga a velocidad reducida.
12. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la comparación entre la variación (Δ) y dicha corriente (I_q) se produce en condiciones de desequilibrio estático y en condiciones de desequilibrio dinámico.
- 50
13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque el operador de variación es el operador de la desviación estándar (σ) y se extrae, para un desequilibrio dinámico, a partir de la siguiente relación:

ES 2 392 686 T3

$$\sigma(lq)\text{dinámico} = m \cdot K_2 \cdot w^\alpha + K_0$$

Donde: K_0 , K_2 y α son valores constantes conocidos determinados experimentalmente, w es la velocidad de rotación y m es dicha masa desequilibrada.

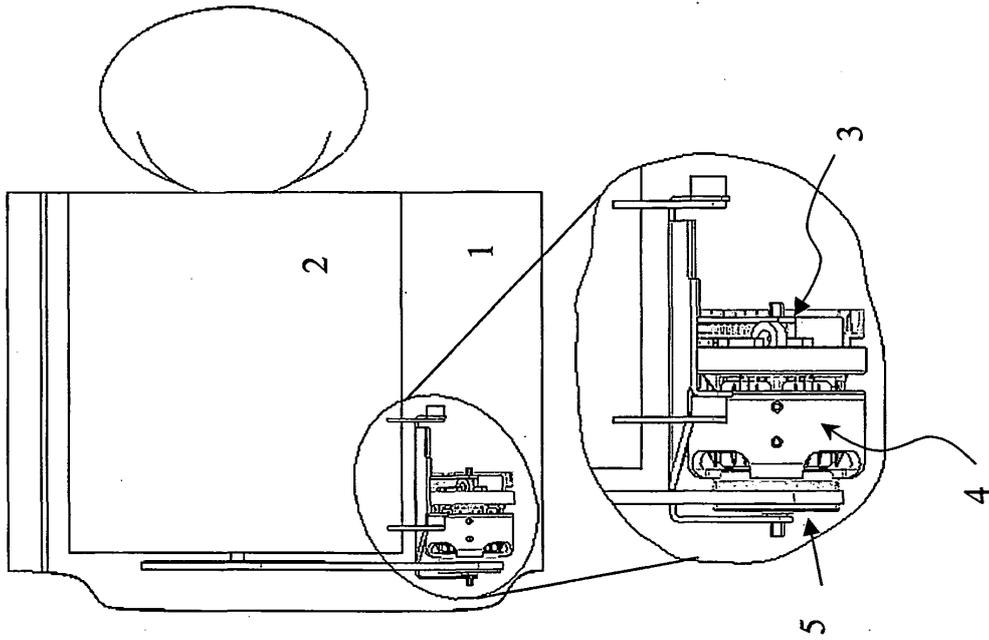
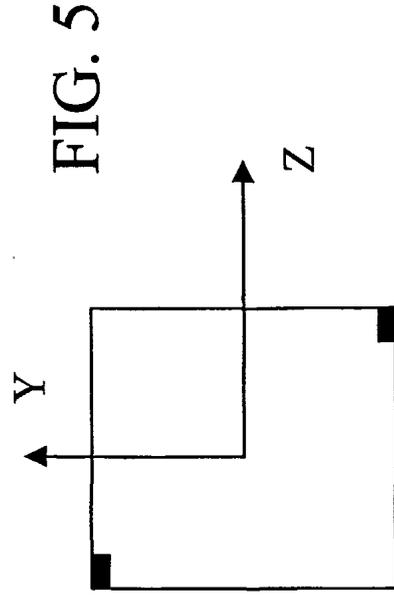
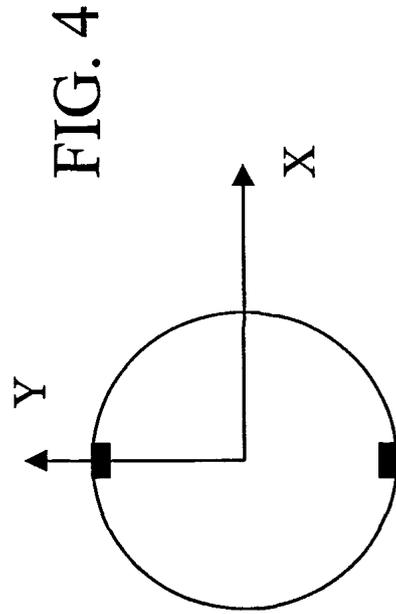
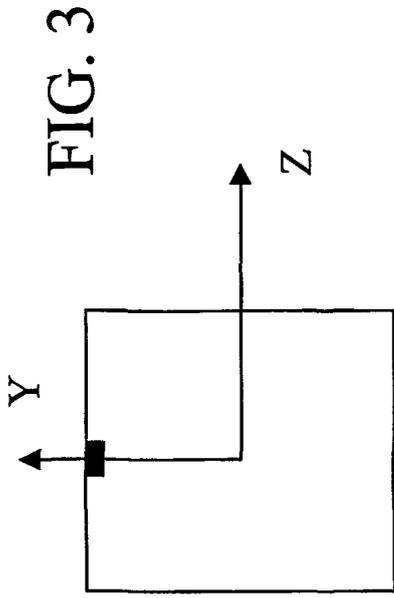
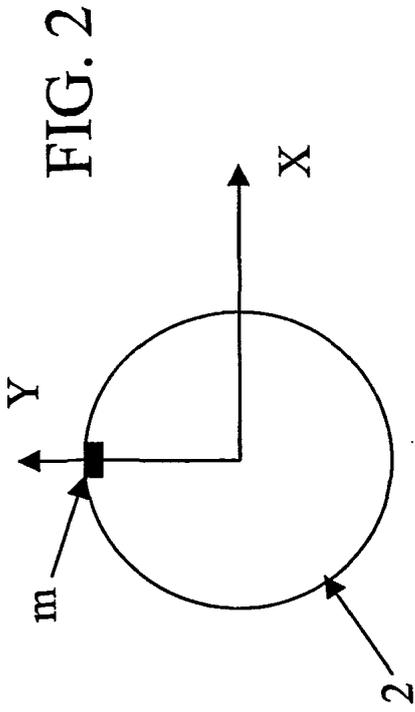
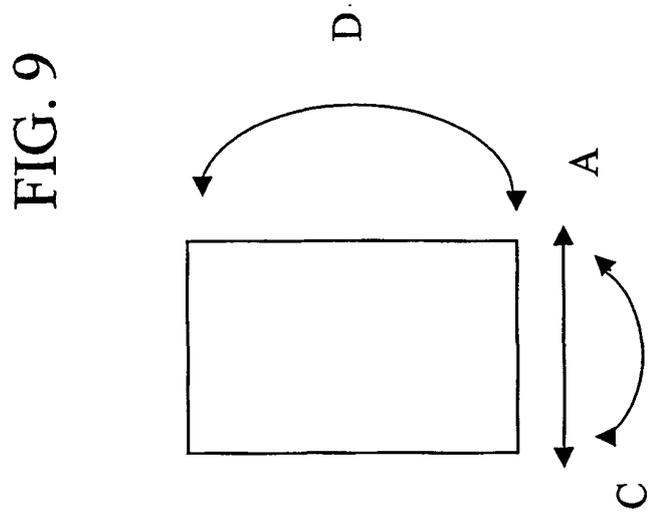
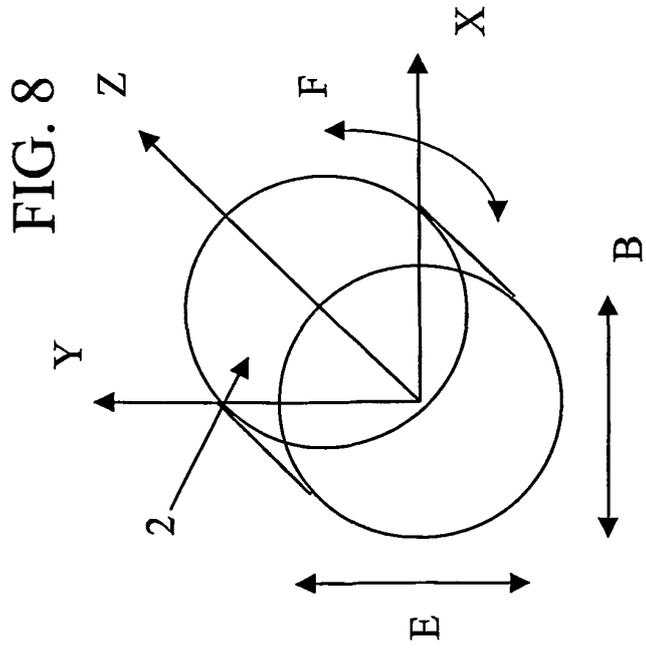
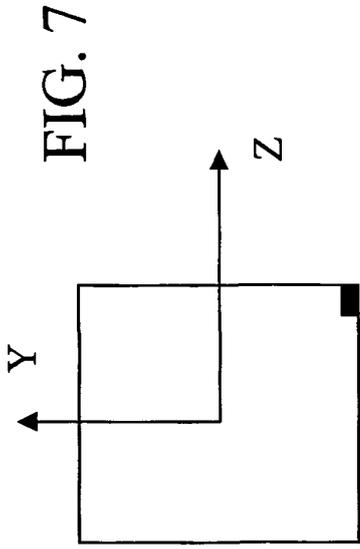
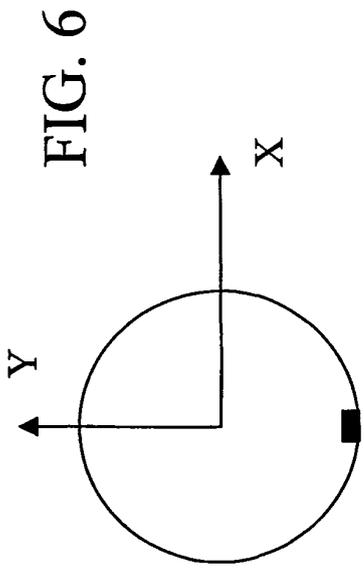


FIG. 1





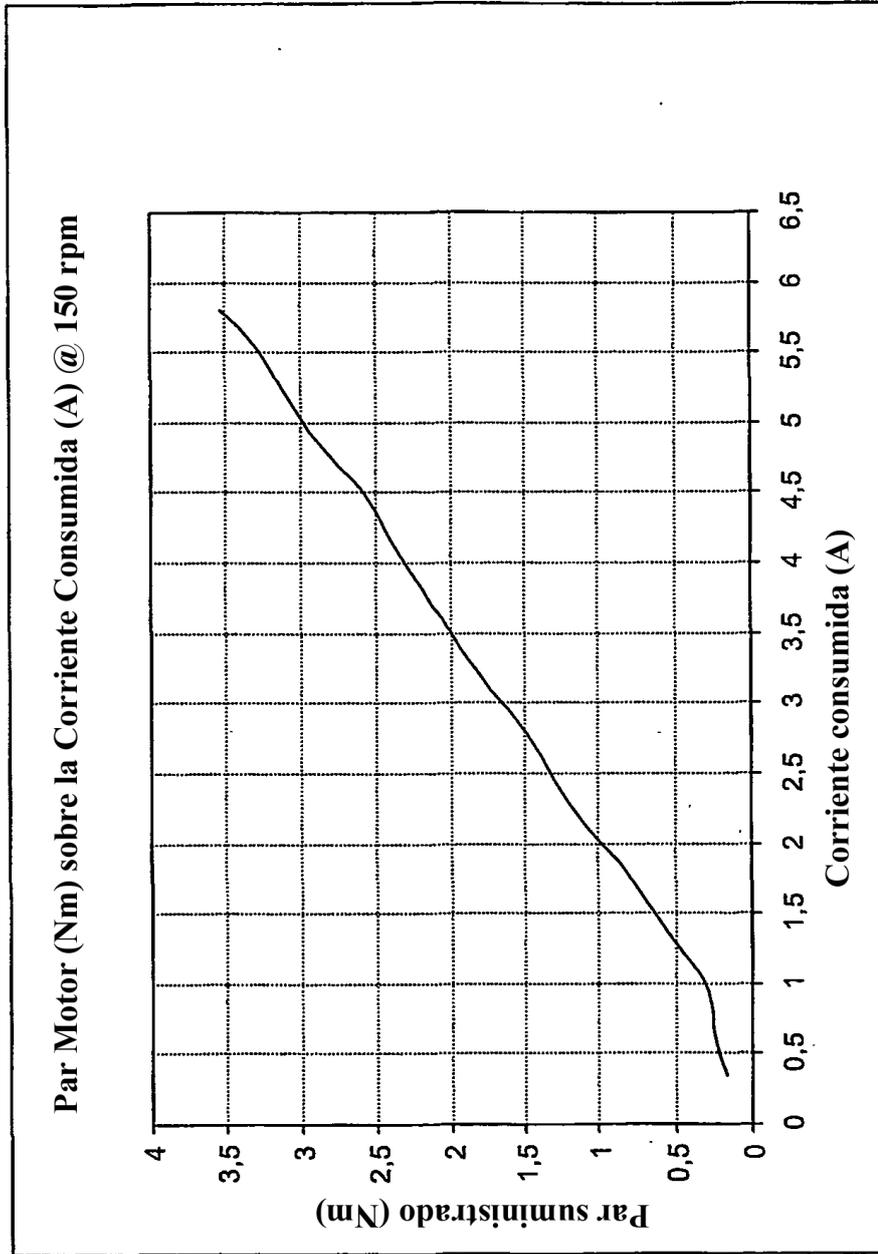


FIG. 10

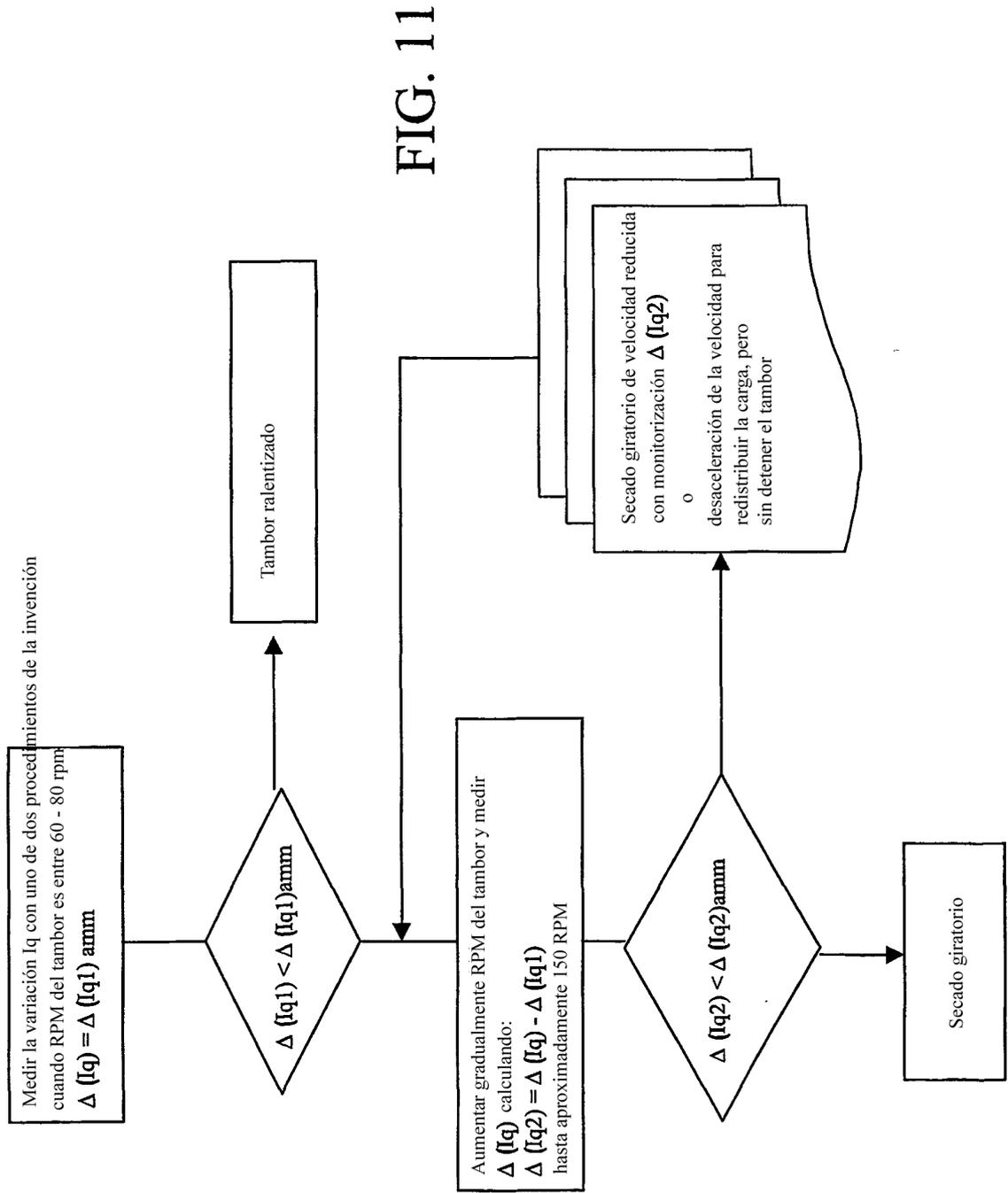


FIG. 12

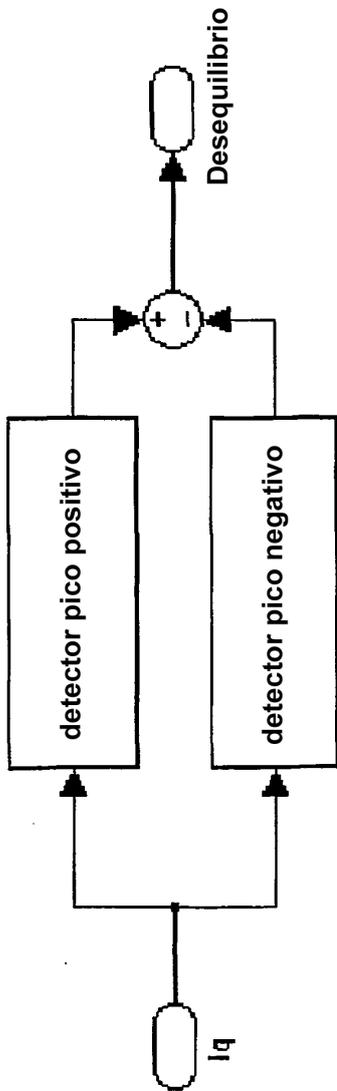


FIG. 13

