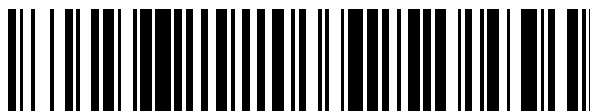


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 418 404**

51 Int. Cl.:

D06F 39/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2011 E 11169751 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2397600**

54 Título: **Método para medir el momento de inercia de un tambor de una máquina de lavar y máquina de lavar dispuesta para implementar dicho método**

30 Prioridad:

14.06.2010 IT BO20100377

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

13.08.2013

73 Titular/es:

**ASKOLL HOLDING S.R.L. (100.0%)
Via Industria, 30
36031 Povolara di Dueville (Vicenza), IT**

72 Inventor/es:

MARIONI, ELIO

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 418 404 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

Método para medir el momento de inercia de un tambor de una máquina de lavar y máquina de lavar dispuesta para implementar dicho método

Campo de aplicación

5 La presente invención se refiere, en el aspecto más general de la misma, a un método para medir el momento de inercia de un tambor de una máquina de lavar de tambor rotativo.

10 En particular, el método se aplica a máquinas de lavar, máquinas de lavandería o máquinas similares, para uso doméstico o industrial, que comprenden un tambor rotativo para la introducción de artículos que van a someterse a ciclos de lavado, secado o centrifugado. En la presente descripción, se hace referencia de manera general a las máquinas del tipo indicado anteriormente mediante el término máquinas de lavar.

Técnica anterior

Tal como se conoce, las máquinas de lavar comprenden un tambor, que gira dentro de un tambor, que se hace girar por un motor eléctrico, que, en la mayoría de los casos, está conectado al tambor por medio de una polea conductora de transmisión.

15 El usuario introduce, en dicho tambor, una carga representada por la ropa sucia que va a lavarse que, tras alcanzar una velocidad de giro dada (comprendida generalmente entre 80 y 120 revoluciones por minuto), se presiona de manera sustancialmente uniforme a lo largo de las paredes periféricas del tambor.

20 El proceso de lavado y/o secado puede optimizarse ventajosamente según la carga de ropa sucia contenida en el tambor, por ejemplo ajustando, en función del mismo, algunos parámetros de funcionamiento tales como el flujo de agua y la cantidad de detergente introducida, la velocidad de rotación del tambor, la duración de las etapas de lavado posteriores.

Una medición del momento de inercia del tambor cargado, realizada por la unidad de control electrónica justo antes del proceso de lavado y/o secado, permite obtener información con respecto a la carga introducida permitiendo por tanto la optimización del proceso mencionada anteriormente.

25 La técnica anterior, representada por la patente estadounidense US 7.162.759, da a conocer un método para una determinación indirecta de dicho momento de inercia. Tal método proporciona una monitorización, midiendo la tensión y desarrollo actual de un circuito de suministro de potencia, de la energía eléctrica instantánea absorbida durante un periodo transitorio de aceleración del tambor. La potencia absorbida durante el periodo transitorio, de la cual se resta un término referente a las fricciones para obtener un valor sustancialmente proporcional al momento de inercia del tambor cargado, se calcula integrando tal potencia con respecto al momento.

Aunque cumple sustancialmente el objetivo, el método mencionado anteriormente según la técnica anterior revela algunos inconvenientes.

En primer lugar, las mediciones realizadas mediante dicho método son relativamente imprecisas.

35 Uno de los motivos para tal imprecisión se deriva de una posible carga desequilibrada. De hecho, aunque el giro determina idealmente una distribución axial-asimétrica de la carga en el tambor, en realidad a menudo la carga está desequilibrada. Tal carga desequilibrada provoca una oscilación, incluso marcada, de la potencia requerida del motor para hacer girar el tambor, provocando tal oscilación un error de medición con respecto a la carga mencionada anteriormente.

40 El error debido a la carga desequilibrada puede ser inaceptable si la velocidad del inicio y fin del periodo transitorio es relativamente cercana, por ejemplo de 95 y 135 revoluciones por minuto. Por tanto, un inconveniente adicional del método conocido se deriva de la limitación de diseño en relación con la elección de tales velocidades; en particular el método no puede implementarse ventajosamente en una rampa de aceleración corta.

Además, el método proporcionado requiere un peso de cálculo considerable, principalmente debido a la operación de integrar la potencia con respecto al tiempo.

45 La patente estadounidense US 4.741.182 da a conocer un método para determinar el momento de inercia con características diferentes del descrito previamente.

Por tanto, el problema técnico en el que se basa la presente invención es el de proporcionar un método alternativo para medir el momento de inercia, que pueda superar los inconvenientes de la técnica anterior.

Sumario de la invención

50 El problema técnico mencionado anteriormente se resuelve mediante un método para medir el momento de inercia

de un tambor de máquina de lavar que contiene una carga, que comprende las etapas de:

- poner dicho tambor en rotación por medio de un motor eléctrico síncrono de imán permanente llevándolo a una primera velocidad de giro angular;
- 5 - identificar un punto de sincronización en una señal periódica indicativa del par suministrado por el motor eléctrico síncrono, es decir la posición de desequilibrio de carga, a dicha primera velocidad angular;
- iniciar, en dicho punto de sincronización, un periodo transitorio de aceleración de dicho tambor con par electromotor constante suministrado por el motor eléctrico síncrono;
- interrumpir el periodo transitorio de aceleración tras alcanzar una segunda velocidad angular;
- adquirir una duración de tiempo del periodo transitorio de aceleración;
- 10 - procesar una medición indirecta del momento de inercia de dicho tambor comenzando a partir de un valor del par proporcionado al tambor durante el periodo transitorio de aceleración, a partir del valor de duración de tiempo del periodo transitorio de aceleración, y a partir de la variación de la velocidad angular en el periodo transitorio de aceleración, según la fórmula:

$$J = \frac{T_{acc} \cdot \Delta t}{\Delta \omega} .$$

- 15 El uso de un periodo transitorio de aceleración de par constante permite ventajosamente simplificar la fórmula para calcular el momento de inercia. En realidad, el método según la invención no requiere las operaciones de integración que caracterizan a la técnica anterior, implicando por tanto un coste de cálculo inferior para la unidad de control que realiza la medición.

- 20 Dado que la oscilación de par a una velocidad constante se debe principalmente a la rotación de la carga desequilibrada, la identificación, en la señal de par, de un punto de sincronización para iniciar el periodo transitorio de aceleración significa iniciar el periodo transitorio siempre en una posición de carga desequilibrada conocida *a priori*. Tal solución permite una precisión de medición mayor, eliminando el error de medición identificado en la técnica conocida. Por tanto, el método según la presente invención puede implementarse ventajosamente incluso con periodos transitorios de aceleración relativamente cortos, por ejemplo de 90 a 135 revoluciones por minuto.

- 25 El método objeto de la invención puede medir el par suministrado por el motor eléctrico a la primera velocidad angular y el suministrado a la segunda velocidad angular. Por tanto, puede realizarse entonces una estimación eficaz del par requerido para superar las fricciones durante el periodo transitorio de aceleración calculando el valor promedio de los dos pares medidos en los extremos de los periodos transitorios. Dicho valor promedio puede restarse por tanto del valor del par electromotor suministrado durante el periodo transitorio de aceleración para obtener una estimación del valor de par proporcionado al tambor.

- 30 Dadas las características del motor eléctrico síncrono de imán permanente, la señal de la corriente de cuadratura absorbida I_q puede usarse ventajosamente como señal indicativa del par suministrado con respecto a la que identifica el punto de sincronización. En particular, el punto de sincronización puede ser un punto pico (máximo o mínimo) de la señal, que puede identificarse fácilmente analizando las derivadas.

- 35 La etapa de iniciar un periodo transitorio de aceleración puede proporcionar llevar la corriente de cuadratura I_q del motor a un valor predefinido, que se mantiene constante durante todo el periodo transitorio. Tal como se conoce, el par suministrado por un motor síncrono es sustancialmente proporcional a la corriente de cuadratura absorbida I_q , por tanto la condición de corriente constante también garantiza un par constante.

- 40 La etapa de interrumpir el periodo transitorio de aceleración tras alcanzar una segunda velocidad angular puede proporcionar la adquisición periódica, durante el periodo transitorio de aceleración, de una velocidad angular del tambor mediante un sensor de posición. Alternativamente, la velocidad puede estimarse en un modo sin sensor. Tras alcanzar la segunda velocidad angular deseada (detectada o estimada), el motor eléctrico síncrono, mantenido inicialmente a una corriente de cuadratura constante I_q , pasa a un control de retroalimentación en el que se mantiene a velocidad angular equivalente a dicha segunda velocidad angular.

- 45 Además, la etapa de poner el tambor en rotación llevándolo a una primera velocidad angular puede proporcionar ventajosamente un control de retroalimentación del motor eléctrico síncrono. La velocidad angular del mismo, adquirida por el sensor de posición, se comparará entonces con la primera velocidad angular deseada. Además, en este caso, la velocidad puede estimarse alternativamente en un modo sin sensor.

El sensor de posición usado puede ser por ejemplo un sensor de efecto Hall.

- 50 Tal como se conoce, el par suministrado por el motor eléctrico síncrono de imán permanente es proporcional al

producto de la corriente de cuadratura I_q y el flujo magnético Φ enlazado por el circuito magnético de estator. Por tanto, se usa el valor del flujo magnético Φ en el presente método para obtener el par suministrado por el motor eléctrico síncrono comenzando a partir del valor de corriente de cuadratura absorbida I_q .

5 Tal flujo se conoce teóricamente dadas las características del circuito magnético de estator; sin embargo, en la práctica puede desviarse del valor teórico debido a la variabilidad de producción. Puede incluirse en el presente método una etapa para estimar el valor de flujo magnético comenzando a partir de variables de estado del motor con el objetivo de mejorar la precisión de medición.

10 En particular, la etapa de estimar el valor del flujo magnético Φ puede aplicar un algoritmo de estimación que usa coeficientes de corrección para compensar los errores cometidos cuando se miden variables de estado del motor y cuando se estiman los parámetros de funcionamiento del mismo.

Debe observarse que el algoritmo de estimación, si se implementa el presente método sin usar el sensor de posición, también puede permitir la estimación de la velocidad del tambor.

15 Otro error observado cuando se estima el flujo magnético Φ se debe a la influencia de la temperatura; tal error puede compensarse ventajosamente adquiriendo un valor de temperatura del motor eléctrico síncrono mediante un sensor térmico.

La etapa de estimar el flujo magnético Φ puede aplicar ventajosamente un método simplificado con respecto al uso del algoritmo de estimación expuesto anteriormente.

Por ejemplo, el flujo puede estimarse corrigiendo un valor nominal del flujo magnético Φ_{ref} a una temperatura de referencia T_{ref} según una temperatura de motor T medida.

20 En tal caso, puede aplicarse la siguiente fórmula:

$$\Phi = \Phi_{Ref} (T - T_{Ref}) (1 - \delta)$$

donde la temperatura medida debe ser mayor que la temperatura de referencia, que puede ser por ejemplo de 25°C y donde δ , coeficiente térmico del imán, es normalmente equivalente a 0,002.

25 El valor de flujo magnético Φ puede estimarse más precisamente considerando un coeficiente de corrección k , que identifica la variabilidad de construcción del motor, medido a modo de experimento haciendo funcionar el motor con par conocido en una etapa de prueba.

También puede aplicarse ventajosamente la siguiente fórmula:

$$\Phi = k \cdot \Phi_{Ref} (T - T_{Ref}) (1 - \delta).$$

30 El problema técnico previamente expuesto también se resuelve mediante una máquina de lavar que comprende: un tambor rotativo; un motor eléctrico síncrono de imán permanente para hacer girar dicho tambor; una unidad de control conectada a dicho motor eléctrico síncrono; proporcionándose dicha unidad de control para implementar el método descrito previamente.

La máquina de lavar también puede comprender un sensor de posición conectado a dicha unidad de control para detectar una posición angular de dicho tambor.

35 Resultarán evidentes características y ventajas adicionales de la presente invención a partir de la descripción de una realización preferida, proporcionada a continuación en el presente documento a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1 representa esquemáticamente una estructura de una máquina de lavar proporcionada para implementar el método según la presente invención;

la figura 2 representa un diagrama de bloques del método según la presente invención;

la figura 3 representa un gráfico del desarrollo en el tiempo de las señales de corriente de cuadratura del motor síncrono (línea en negrita) y la velocidad angular del tambor (línea discontinua) en la implementación del presente método;

45 la figura 4 representa un diagrama de bloques de un algoritmo de estimación del flujo magnético usado por el

método según la presente invención.

Descripción detallada

5 Con referencia a la figura 1 adjunta, una máquina de lavar que comprende un tambor 2, montado en un tambor de alojamiento según un eje rotacional horizontal x, y un motor eléctrico síncrono 3 proporcionado para mover el tambor 2 alrededor del eje de rotación x, se identifica generalmente con 1.

El tambor 2 se proporciona para recibir ropa sucia u otros artículos que van a lavarse en el mismo; en el resto de la presente descripción tal contenido del tambor se denominará generalmente mediante el término carga.

En particular, el motor eléctrico síncrono 3 es del tipo de imán permanente con rotor de copa externo conectado, de una manera conocida, con una correa de transmisión a los tambores rotativos 2 identificados previamente.

10 El motor eléctrico síncrono 3 está asociado a una unidad de control 4, que comprende un circuito de accionamiento de motor, que tiene el fin de ejecutar el método para medir el momento de inercia descrito a continuación. Dicha unidad de control 4 está conectada a un sensor de efecto Hall 5 para detectar la velocidad angular del motor eléctrico síncrono 3.

15 Antes de pasar a la descripción detallada de las etapas específicas del método de medición según la presente invención, a continuación se presentan algunas observaciones introductorias con respecto a la técnica de cálculo implementada.

La energía cinética del sistema constituido por el tambor 2 que gira a una velocidad angular ω y por la carga del mismo puede expresarse usando la fórmula general para sistemas rotativos:

$$E_c = \frac{1}{2} J \omega^2 \quad (1)$$

20 donde J es el momento de inercia que se pretende obtener.

La potencia se obtiene derivando ambos términos con respecto al tiempo:

$$P = J \omega \alpha \quad (2)$$

que puede expresarse de otro modo como producto del par T y la velocidad angular ω . Por tanto, aprovechando la equivalencia entre las dos expresiones de potencia, puede observarse que:

$$J \alpha = T \quad (3)$$

25 Ahora, se supone que se acelera el sistema llevándolo, durante un periodo transitorio de aceleración de tiempo Δt , desde una primera velocidad angular ω_1 hasta una segunda velocidad angular $\omega_2 = \omega_1 + \Delta \omega$, manteniendo todavía el par constante a un valor T_{acc} . Integrando ambos términos de la ecuación (3) con respecto al tiempo se observa entonces que:

$$J \cdot \Delta \omega = T_{acc} \cdot \Delta t \Rightarrow J = \frac{T_{acc} \cdot \Delta t}{\Delta \omega} \quad (4)$$

30 El par electromotor suministrado por un motor síncrono de imán permanente se obtiene a partir de la fórmula:

$$T_{em} = \frac{2}{3} \frac{pp}{\sqrt{2}} \Phi N I_q \quad (5)$$

donde pp indica el número de polos del motor, Φ el flujo magnético enlazado por el circuito magnético, N el número de bobinas e I_q la corriente de cuadratura absorbida.

35 Ahora bien, el número de polos pp y bobinas N son cantidades de construcción del motor conocidas *a priori*.

El flujo magnético Φ es una cantidad conocida a partir de la morfología del circuito magnético, aunque con imprecisiones debido a la variabilidad de producción y la influencia de la temperatura.

La corriente absorbida I_q , que puede obtenerse de una manera conocida comenzando a partir de las corrientes de fase del motor por medio de las transformadas de Park y Clark conocidas, puede medirse y controlarse directamente por la unidad de control 4.

5 Por tanto, la unidad de control 4 puede evaluar el par electromotor T_{em_acc} suministrado por el motor durante el periodo transitorio de aceleración; sin embargo, se requiere el par proporcionado T_{acc} , es decir el par electromotor T_{em_acc} excluyendo el par requerido para superar las fricciones del sistema rotativo durante el periodo transitorio de aceleración; para obtener el momento de inercia J mediante la fórmula (4). La estimación útil de esta variable puede obtenerse mediante un cálculo sencillo del promedio de los pares detectables a una velocidad angular constante (y por tanto que se provoca completamente por las fricciones) a la primera ω_1 y la segunda velocidad angular ω_2 , es decir la velocidad de inicio y fin del periodo transitorio.

Finalmente, el momento de inercia J puede estimarse eficazmente mediante la fórmula:

$$J = \frac{\frac{2}{3} \frac{PP}{\sqrt{2}} \Phi N \left[I_{q_acc} - \left(\frac{I_{q_1} + I_{q_2}}{2} \right) \right] \cdot \Delta t}{\Delta \omega} \quad (6)$$

donde I_{q_acc} , I_{q_1} e I_{q_2} son valores de la corriente de cuadratura respectivamente durante el periodo transitorio de aceleración, a la primera velocidad angular ω_1 y a la segunda velocidad angular ω_2 .

15 Con referencia al diagrama de bloques indicado en la figura 2, a continuación se presenta una descripción detallada de las etapas individuales del método para medir el momento de inercia del tambor 2.

El método, que puede implementarse ventajosamente cuando se inicia el ciclo de lavado de la máquina de lavar 1, proporciona una primera etapa que consiste en llevar el tambor 2 a la primera velocidad angular ω_1 . Tal velocidad angular debe ser mayor que la velocidad de giro de carga; en el presente ejemplo un valor de la primera velocidad angular ω_1 se considera equivalente a 95 revoluciones por minuto, suponiendo que la carga se presiona contra el tambor a 80 revoluciones por minuto.

Se lleva el tambor a la primera velocidad angular ω_1 procediendo de la manera conocida actuando sobre las variables de control del motor eléctrico 3 (bloque 100 de la figura 2) y controlando por retroalimentación si el tambor 2 ha alcanzado la velocidad deseada (bloque 101).

25 La unidad de control 4 usa el sensor de efecto Hall 5 para detectar la velocidad angular del rotor.

Tras alcanzar la primera velocidad angular ω_1 , el tambor 2 gira a una velocidad constante durante una primera fase 10 de ciclo de medición.

30 En dicha primera fase, como en las fases posteriores, la carga del tambor 2 se presiona contra el tambor. Sin embargo, tal como se mencionó en el párrafo que trata la técnica anterior, la distribución de la carga a lo largo de la pared interna del tambor 2 no es uniforme. Por tanto, la carga siempre está de alguna manera desequilibrada en alguna medida, por tanto el par requerido para hacerla girar a una velocidad constante tiene una tendencia de oscilación, con un periodo que coincide con el periodo de rotación del tambor 2. Por tanto, también oscila la corriente de cuadratura I_q absorbida por el motor eléctrico 3 alrededor de un valor medio.

35 En esta primera fase, la unidad de control 4 adquiere dicho valor medio (bloque 102); tal valor representa la corriente de cuadratura I_{q_1} a la primera velocidad angular ω_1 que va a usarse en la ecuación (6).

Según dicho valor de corriente de cuadratura I_{q_1} la unidad de control puede evaluar, usando la ecuación (5) descrita previamente, el par T_1 requerido del motor para superar las fricciones del sistema rotativo a la primera velocidad angular ω_1 (bloque 103).

40 La primera fase 10 del ciclo de medición va seguida por una segunda fase 11 constituida por el periodo transitorio de aceleración hacia la segunda velocidad angular ω_2 . En el presente ejemplo se considera un valor de la segunda velocidad angular ω_2 equivalente a 135 revoluciones por minuto.

45 El inicio del periodo transitorio de aceleración se sincroniza con una posición de desequilibrio de carga determinada con el objetivo de garantizar uniformidad entre las diversas mediciones del momento de inercia J realizadas mediante el presente método. Tal como se comentó anteriormente, la señal periódica de la corriente de cuadratura I_q durante la primera fase 10 representa la carga desequilibrada; por tanto, se identifica un pico máximo de dicha señal (bloque 104) como punto de sincronización 10a en el presente ejemplo.

Dado que la señal de corriente de cuadratura I_q es sustancialmente sinusoidal, el pico de la misma puede determinarse fácilmente mediante métodos conocidos, por ejemplo evaluando las derivadas de la señal. Debe

observarse que un pico mínimo de la señal de corriente de cuadratura I_q puede identificarse de manera alternativa e igualmente fácil que punto de sincronización 10a.

5 Por tanto, la unidad de control 4 inicia el periodo transitorio de aceleración elevando la variable de control del motor eléctrico síncrono 3, es decir la corriente de cuadratura I_q , hasta un valor predefinido I_{q_acc} (bloque 105) en el punto de sincronización identificado 10a. Dicho valor I_{q_acc} se mantiene constante durante todo el periodo transitorio de aceleración cumpliendo así con la condición mencionada anteriormente de par electromotor constante T_{em_acc} .

Se interrumpe el periodo transitorio de aceleración y el ciclo de medición entra en un tercera fase 12 en la que la velocidad del tambor 2 se mantiene constante después de alcanzar el valor (bloque 108), sólo cuando la unidad de control 4 detecta que se ha alcanzado la segunda velocidad angular ω_2 (bloque 107).

10 La unidad de control 4 mide tanto el tiempo de periodo transitorio de aceleración Δt (bloque 106), como, tras alcanzar la tercera fase 12, el valor de la corriente de cuadratura I_{q_2} a la segunda velocidad angular ω_2 (bloque 109). Una vez más, dada la naturaleza de oscilación de la señal de corriente de cuadratura I_q en la fase considerada, el valor adquirido será el valor medio.

15 Debe observarse que en esta etapa la unidad de control 4 puede calcular el par T_2 requerido del motor para superar las fricciones del sistema rotativo a la segunda velocidad angular ω_2 (bloque 110).

En una etapa final del método de medición, la unidad de control calcula, usando los cálculos adquiridos en la fórmula (6) mencionada anteriormente, el momento de inercia J deseado.

Por tanto, puede usarse el valor del momento de inercia J de diversas maneras para optimizar el ciclo de lavado de la máquina de lavar 1.

20 Tal como se mencionó previamente, la obtención del par electromotor comenzando a partir de la corriente de cuadratura I_q requiere conocer el flujo magnético Φ enlazado por el circuito magnético de estator del motor eléctrico 3. Tal cantidad se conoce a partir del circuito magnético, pero también puede estar sujeta a variaciones en particular debido a variabilidad de producción.

25 En el presente método, con el fin de mejorar la precisión de medición final del momento de inercia J , el flujo enlazado Φ se obtiene mediante un algoritmo de estimación 200 representado en la figura 4.

30 Habitualmente se usan algoritmos de este tipo para controlar motores eléctricos en un modo sin sensor, dado que, además del valor del flujo enlazado, también permiten obtener una estimación de la posición y velocidad angular del rotor. En el caso de la presente invención, aunque el motor eléctrico síncrono 3 ya está dotado de un sensor de efecto Hall 5, el uso del algoritmo de estimación 200 permite obtener un valor más preciso para el flujo magnético enlazado Φ .

El algoritmo comprende un bloque de procesamiento 201 que, comenzando a partir de los valores de tensión detectados por la unidad de control 4 y a partir de la posición estimada angular θ , identifica las transformadas de Park de la tensión V_q y V_d .

35 Se obtiene una estimación del flujo Φ comenzando a partir del valor V_d , es decir de la componente de tensión que influye sobre el flujo magnético enlazado. En particular, el valor V_d atraviesa un primer integrador 202, luego se multiplica por un primer coeficiente $K1$ (bloque 204) y constituye la entrada de un primer bloque sumador 205. La señal procedente del primer integrador 202 también constituye la entrada de un segundo integrador 203, cuya salida, multiplicada por un segundo coeficiente $K2$, constituye la segunda entrada del primer bloque sumador 205. Una tercera entrada del primer bloque sumador viene dada por un valor unitario. La estimación del flujo Φ (variable flux_ext en la figura 4) se define por la salida del bloque sumador 206, multiplicada por un tercer coeficiente $K3$ (bloque 207).

Un bloque divisor 208 que recibe, en la entrada, el valor V_d que sale del bloque de procesamiento 201 y el valor Φ obtenido a partir de los bloques descritos previamente estima un valor de la velocidad angular según la fórmula $\omega = V_d / \Phi$. Tal valor se corrige mediante un bloque sustractor 209 que sustrae la señal de corrección del mismo.

45 Tal señal de corrección se obtiene a partir de la suma, realizada por el segundo bloque sumador 213, de la señal V_d multiplicada por un cuarto coeficiente $K4$ y por la señal que sale del primer integrador 202 multiplicada por un quinto coeficiente $K5$. Se invierte el signo de la señal de corrección, mediante el bloque multiplicador 214, cuando la señal V_q adquiere valores negativos.

50 La salida del bloque sustractor 209 constituye la estimación de la velocidad angular ω del rotor (variable omega_ext en la figura); por tanto, tal señal atraviesa un tercer bloque integrador 215 para definir la estimación de la posición angular θ (variable theta_ext), luego se retroalimenta al bloque de procesamiento 201.

En condiciones ideales, sería suficiente establecer el tercer coeficiente angular $K3$ equivalente a un valor constante igual al flujo enlazado medido en condiciones nominales y los coeficientes angulares $K1$, $K2$, $K3$, $K4$ restantes

equivalentes a cero para cumplir con las condiciones de sincronismo del algoritmo de estimación.

5 Sin embargo, debido a la incertidumbre del sistema para medir y estimar parámetros, se requieren términos de corrección para garantizar la sincronización correcta del estimador: el cuarto y quinto coeficiente K4, K5 anulan el error de alineación en el cálculo de la posición angular θ ; el primer y el segundo coeficiente K1, K2 corrigen los errores del tercer coeficiente K3 para calcular el flujo.

En una realización alternativa, el flujo Φ puede estimarse usando instrumentos de cálculo simplificados con respecto al algoritmo de estimación descrito previamente.

Ante todo, en presencia de un sensor para detectar la temperatura en el imán permanente, puede obtenerse una estimación del flujo Φ considerando la derivada térmica, según la fórmula:

$$10 \quad \Phi = \Phi_{\text{Ref}} (T - T_{\text{Ref}}) (1 - \delta) \quad (7)$$

donde Φ_{ref} representa un valor de flujo nominal a una temperatura de referencia T_{ref} , por ejemplo de 25°C, mientras que T y δ identifican respectivamente la temperatura medida (que debe ser mayor que la temperatura de referencia) y el coeficiente térmico del imán permanente.

15 La estimación realizada puede refinarse adicionalmente introduciendo un coeficiente de corrección k que considera la variabilidad de construcción del motor, según la fórmula:

$$\Phi = k \cdot \Phi_{\text{Ref}} (T - T_{\text{Ref}}) (1 - \delta) \quad (8)$$

20 Tal coeficiente de corrección k puede obtenerse, según la ecuación (5) facilitada previamente, durante la prueba midiendo la corriente de cuadratura I_q durante el funcionamiento con un par conocido y a la temperatura de referencia. Por tanto, el coeficiente de corrección puede almacenarse en la unidad de control y hacerse referencia al mismo cuando se estima el flujo.

Obviamente, el método y la máquina de lavar descritos anteriormente pueden someterse, por un experto en la técnica con el objetivo de cumplir con requisitos contingentes y específicos, a diversas modificaciones y variantes, encontrándose todas dentro del alcance de protección de la invención tal como se define por las siguientes reivindicaciones.

25

REIVINDICACIONES

1. Método para medir el momento de inercia (J) de un tambor de máquina de lavar (2) que contiene una carga, que comprende las etapas de:
- 5 - poner dicho tambor (2) en rotación por medio de un motor eléctrico síncrono de imán permanente (3) llevándolo a una primera velocidad de giro angular (ω_1) de la carga;
- iniciar un periodo transitorio de aceleración de dicho tambor (2) con par electromotor constante (T_{em_acc}) suministrado por el motor eléctrico síncrono (3);
- 10 - interrumpir el periodo transitorio de aceleración una vez que se ha alcanzado una segunda velocidad angular (ω_2);
- adquirir una duración de tiempo (Δt) del periodo transitorio de aceleración;
- procesar una medición indirecta del momento de inercia (J) de dicho tambor (2) a partir de un valor del par proporcionado (T_{acc}) al tambor (2) durante el periodo transitorio de aceleración, a partir del valor de duración de tiempo (Δt) del periodo transitorio de aceleración, y a partir de la variación en velocidad angular ($\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$) en el periodo transitorio de aceleración, según la fórmula:

$$J = \frac{T_{acc} \cdot \Delta t}{\Delta\omega}$$

- 15 caracterizado por que comprende la etapa adicional de:
- identificar un punto de sincronización (10a) en una señal periódica indicativa del par suministrado por el motor eléctrico síncrono (3), es decir de la posición de desequilibrio de carga, a dicha primera velocidad angular (ω_1);
- 20 - iniciándose dicho periodo transitorio de aceleración en dicho punto de sincronización (10a), es decir en una posición de desequilibrio de carga conocida, para eliminar el error de medición debido a la carga desequilibrada.
2. Método de medición según la reivindicación 1, que también comprende etapas de medir el par (T_1) suministrado por el motor eléctrico (3) a la primera velocidad angular (ω_1) y el par (T_2) suministrado por el motor eléctrico (3) a la segunda velocidad angular (ω_2), estimándose dicho valor de par proporcionado (T_{acc}) al tambor (2) restando un promedio de dichos pares del par electromotor (T_{em_acc}) suministrado por el motor eléctrico síncrono (3) durante el periodo transitorio de aceleración.
- 25 3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la señal periódica indicativa del par suministrado por el motor eléctrico síncrono (3) es la señal de la corriente de cuadratura (I_q) absorbida por el motor eléctrico síncrono (3), siendo el punto de sincronización (10a) definido un punto pico de dicha señal.
- 30 4. Método de medición según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de iniciar un periodo transitorio de aceleración proporciona llevar la corriente de cuadratura (I_q) del motor a un valor predeterminado (I_{q_acc}) y mantenerla constante en dicho valor.
- 35 5. Método de medición según la reivindicación 4, en el que la etapa de interrumpir el periodo transitorio de aceleración una vez que se ha alcanzado una segunda velocidad angular (ω_2) comprende adquirir periódicamente una velocidad angular del tambor (2) mediante un sensor de posición (5) durante el periodo transitorio de aceleración y, una vez que se ha detectado que se ha alcanzado la segunda velocidad angular (ω_2), controlar el motor eléctrico síncrono en retroalimentación, manteniendo su velocidad angular en el valor de la segunda velocidad angular (ω_2).
- 40 6. Método de medición según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de poner el tambor (2) en rotación llevándolo a una primera velocidad angular (ω_1) comprende controlar el motor eléctrico síncrono (3) en retroalimentación, comparando su velocidad angular adquirida por un sensor de posición (5) con la primera velocidad angular (ω_1) deseada.
- 45 7. Método de medición según una de las reivindicaciones 5 ó 6, en el que dicho sensor de posición (5) es un sensor de efecto Hall.
8. Método de medición según una de las reivindicaciones anteriores, que también comprende una etapa de estimar el valor de flujo magnético enlazado (Φ) a partir de variables de estado del motor eléctrico síncrono

(3), usándose dicho valor de flujo magnético para calcular los pares suministrados por el motor eléctrico síncrono (3) a partir del valor de corriente de cuadratura absorbida (I_q).

- 5
9. Método de medición según la reivindicación 8, en el que el valor de flujo magnético (Φ) se estima corrigiendo un valor de flujo magnético nominal (Φ_{ref}) a una temperatura de referencia (T_{ref}) según una temperatura medida del motor (T).
10. Método de medición según la reivindicación 9, en el que el valor de flujo magnético (Φ) se estima considerando un coeficiente de corrección (k), que identifica la variabilidad de construcción del motor, medido a modo de experimento haciendo funcionar el motor con par conocido en una etapa de prueba.
- 10
11. Método de medición según la reivindicación 10, en el que el valor de flujo magnético (Φ) se estima según la fórmula:

$$\Phi = k \cdot \Phi_{Ref} (T - T_{Ref}) (1 - \delta).$$

- 15
12. Método de medición según la reivindicación 8, en el que dicha etapa de estimar el valor de flujo magnético (Φ) usa un algoritmo de estimación (200) que usa coeficientes de corrección (K1-K5) para compensar los errores cometidos midiendo las variables de estado del motor y estimando sus parámetros de funcionamiento.
- 20
13. Máquina de lavar (1) que comprende: un tambor rotativo (2); un motor eléctrico síncrono de imán permanente (3) para poner dicho tambor (2) en rotación; una unidad de control (4) conectada a dicho motor eléctrico síncrono (3); estando dicha unidad de control (4) dispuesta para implementar el método según una de las reivindicaciones anteriores.

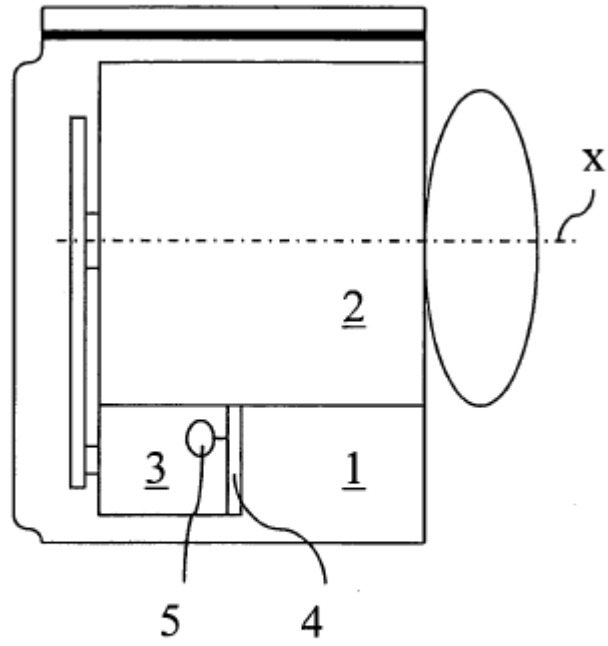


Fig. 1

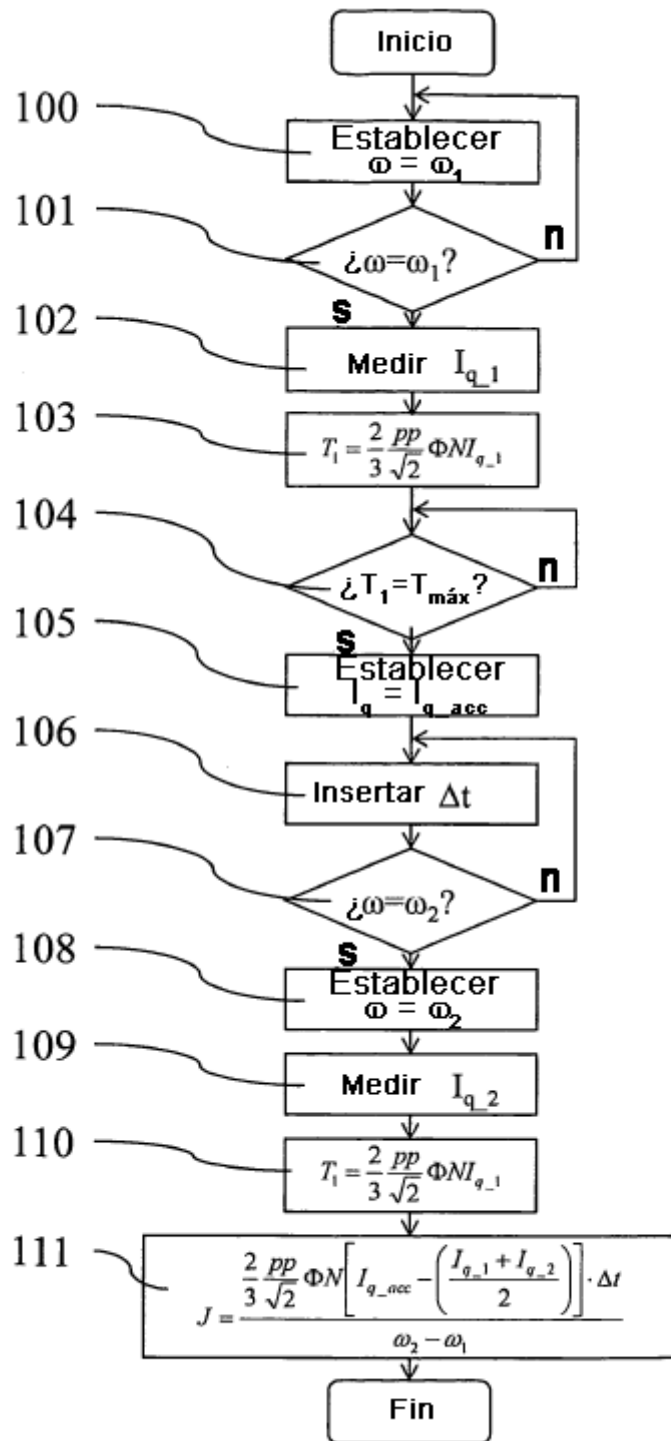


Fig. 2

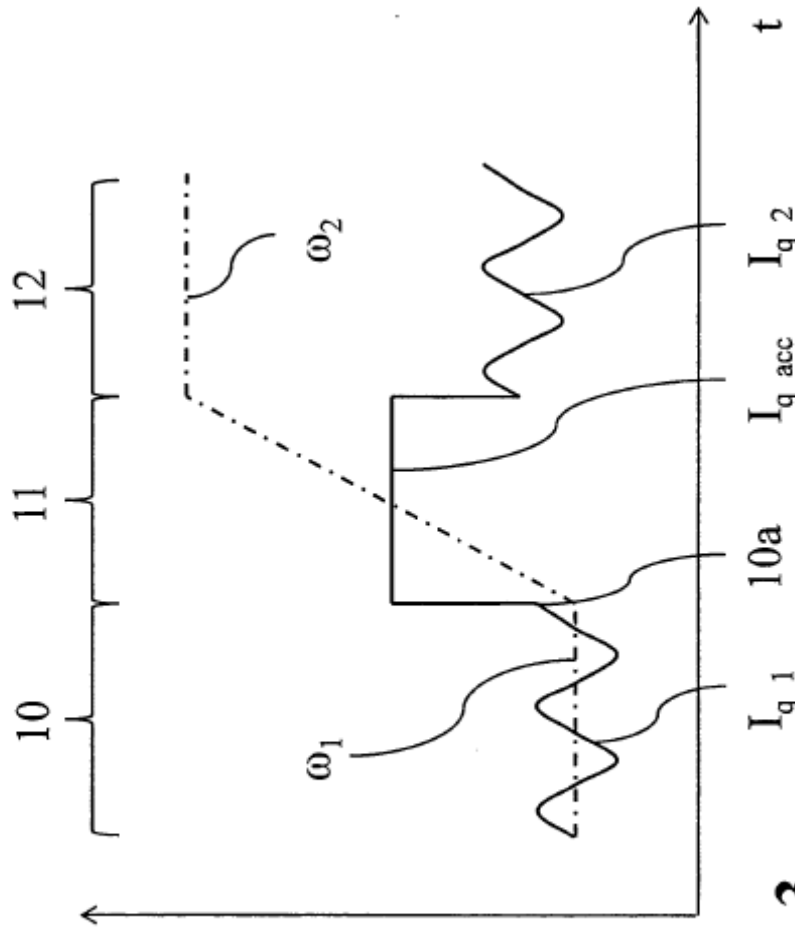


Fig. 3

