

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 920**

51 Int. Cl.:

G05B 19/404 (2006.01)

G05B 19/416 (2006.01)

H02P 31/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.10.2012** **PCT/IB2012/002045**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2013** **WO13054179**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2012** **E 12808454 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017** **EP 2766779**

54 Título: **Método de mando y control del motor eléctrico de una unidad de automatización y sistema conectado**

30 Prioridad:

13.10.2011 IT MI20111867

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

01.12.2017

73 Titular/es:

GIMA TT S.R.L. (100.0%)
Via Tolara di Sotto 121/A
40064 Ozzano dell'Emilia (Bologna), IT

72 Inventor/es:

MONARI, IURI y
DRAGHETTI, FIORENZO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 644 920 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 de mando y control del motor eléctrico de una unidad de automatización y sistema conectado

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para mandar y controlar una unidad de automatización, así como el sistema conectado, que tiene al menos un motor eléctrico directamente conectado al elemento mecánico.

10 Antecedentes de la invención

Es conocido que las unidades de automatización pueden comprender al menos un motor eléctrico conectado a un elemento mecánico tanto por medio de un dispositivo de reducción, como directamente. Es conocido que la eliminación de una etapa de reducción intermedia es un factor positivo porque permite limitar la holgura, incrementar la precisión, reducir la potencia consumida así como usar sistemas más simples y/o con menores componentes.

Generalmente, los sistemas que tienen una reducción muy modesta entre el elemento motor y el elemento mecánico, del orden de no más de aproximadamente diez unidades, también están incluidos en los sistemas de movimiento directo.

En los movimientos directos, los motores eléctricos, que son en general y ventajosamente, pero no solamente, del tipo sin escobillas, pueden estar sometidos a desequilibrios inerciales debido a la presencia de cargas variables dentro del ángulo de recorrido del elemento mecánico, o parte de dicho ángulo de recorrido. Las cargas variables se generan por las geometrías del dispositivo individual a ser controlado.

Los movimientos de estos sistemas pueden tener un ciclo de duración fija, o un ciclo de duración variable.

Debe tenerse también en consideración que los ciclos pueden llevarse a cabo con una elevada cadencia en la unidad de tiempo, por ejemplo en un minuto.

Normalmente los movimientos de estos sistemas deben ser muy precisos, tanto para impedir la posible interferencia entre los diferentes elementos mecánicos de las unidades de automatización, como también para la correcta ejecución de las diferentes etapas del método que lleva a cabo el ciclo individual. Debería observarse que un ciclo puede afectar a un ángulo de recorrido o a más, o puede ser una fracción de un ángulo de recorrido, dado que es la suma de dichas fracciones las que componen un ángulo de recorrido, o más, del elemento mecánico.

De acuerdo con la presente invención, por elementos mecánicos se quieren indicar, tambores, manivelas, sistemas pantográficos, levas u otros, de acuerdo con el requisito específico de los procesos que hayan de realizarse.

El documento EP-A2-1.815.972, que puede considerarse como el estado de la técnica para la presente invención, describe un sistema de control para una línea de presión en la que la velocidad del motor puede variarse basándose en una condición de prensado o no prensado de la línea, sobre la que se basa sustancialmente el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

Sin embargo, en general, una desventaja del estado de la técnica es el hecho de que el control de la inercia de la unidad de automatización individual se lleva a cabo considerando la constante de inercia de todo el ciclo.

Una segunda desventaja es que el ciclo no se analiza en sub-fases, por ejemplo con referencia al ángulo de recorrido del elemento mecánico, sino considerándolo como una única fase. Otras desventajas se derivan de los diferentes rendimientos que dependen de la deriva térmica, el uso y desgaste, las deformaciones mecánicas, la variabilidad de la fricción, la variabilidad de las resistencias encontradas y el rizado del motor.

Los sistemas de mando y control del tipo conocido, que consideran el ciclo de operación como una única fase, no permiten por lo tanto llevar a cabo en una forma detallada y punto por punto el programa predefinido correspondiente a las sub-fases que, todas juntas, componen el ciclo.

Una finalidad de la presente invención es suministrar un método de mando y control que garantice que los diferentes movimientos del elemento mecánico, en relación con cada sub-fase de un ciclo, son tan precisos como sea posible en términos de posición angular, velocidad angular y aceleración del elemento mecánico.

Otra finalidad de la presente invención es conseguir un método de mando y control que tenga en cuenta constantemente los diferentes efectos de la deriva, y pueda intervenir cada vez en un programa predefinido y memorizado, o en algunos factores característicos del mismo, teniendo dicha intervención la finalidad de mantener la precisión, para cada sub-fase, en los valores de operación (velocidad, aceleración, posición, etc.) del elemento mecánico.

El presente solicitante ha concebido, ensayado y realizado la presente invención para superar los inconvenientes del estado de la técnica y para obtener estas y otras finalidades y ventajas.

Sumario de la invención

La presente invención se expone y caracteriza en las reivindicaciones independientes, mientras que las reivindicaciones dependientes describen otras características de la invención o variantes de la idea inventiva principal.

La invención se aplica a unidades de automatización de movimiento directo.

De acuerdo con las finalidades anteriores, el método de mando y control para una unidad de automatización de acuerdo con la invención estipula que una unidad central lleva a cabo controles sobre las funciones de operación de un elemento mecánico, directa o indirectamente detectando la posición del elemento mecánico a través de un transductor de posición, conectado o bien al árbol de un motor eléctrico o bien al elemento mecánico en sí, o por medio de una entidad que simula matemáticamente la posición del árbol de accionamiento y/o del elemento mecánico.

De acuerdo con una primera formulación de la invención, al menos el ángulo de recorrido, o más, del elemento mecánico se divide en una pluralidad de sub-fases "n" cada una de las cuales define una unidad elemental predefinida que se refiere al eje de referencia (maestro) para el elemento mecánico.

En esta formulación, por lo tanto, las sub-fases se definen de acuerdo con la posición del elemento mecánico que lleva a cabo el ciclo de operación.

De acuerdo con una variante, el ciclo se considera en términos de tiempo y las sub-fases "n" se obtienen como unidades elementales de tiempo iguales a operaciones del ciclo de tiempo.

De acuerdo con otra variante, las sub-fases "n" se definen de acuerdo con una entidad matemática que simula la posición del árbol de accionamiento o del elemento mecánico.

Por lo tanto, en cada ocasión la sub-fases "n" representan intervalos de posición o de tiempo, o de las entidades matemáticas, y la suma de dichas unidades elementales, o intervalos, que corresponden a las sub-fases "n" es igual a al menos un ángulo de recorrido, o parte de él, del elemento mecánico.

De acuerdo con la invención, las unidades elementales o sub-fases "n" utilizables en el método de control son del orden de un trescientos sesentavo de un ciclo finito del eje de referencia maestro. El valor de la sub-fase "n" igual a un trescientos sesentavo de un ciclo es un valor preferido, pero pueden adoptarse también otros valores, por ejemplo una centésima, o incluso siete centésimas o más, dado que el valor de acuerdo con la presente invención es un mínimo de "n" igual a un múltiplo de las unidades elementales consideradas, siendo dicho múltiplo al menos un factor de dos.

Dependiendo de la condición de operación a ser conseguida en relación con la sub-fase individual o sub-fases "n", la unidad central envía una referencia de corriente (anticipación) al motor eléctrico, en una cantidad que es función, por ejemplo, pero no solamente, de la energía instantánea y la aceleración instantánea del elemento mecánico, evaluado con relación a la sub-fase específica "n", o al múltiplo de "n", leyendo los parámetros correspondientes en los datos memorizados en tablas adecuadas proporcionadas en la unidad central.

En algunas formas de realización de la invención, estos parámetros pueden predefinirse, y por lo tanto, como se ha indicado anteriormente, memorizarse en tablas o bases de datos adecuadas, o autoaprenderse de acuerdo con un ciclo de autoaprendizaje gestionado por la unidad central, durante la ejecución del ciclo.

El grado de precisión del control de acuerdo con la presente invención está sometido al retardo en la respuesta por la unidad central. Hoy en día dicho retardo es del orden de un milisegundo; si se varía este retardo, la amplitud angular de la sub-fase "n" de control, o múltiplos de "n", puede variar.

En las condiciones identificadas, la amplitud de la sub-fase "n", o múltiplo de "n", permite tener un control eficiente y punto por punto de modo que se garantice la precisión de posicionamiento, velocidad y aceleración de los diversos elementos mecánicos.

Dependiendo de la función y las características que debe realizar cada elemento mecánico, el perfil de movimiento que debe seguir el elemento mecánico se proporciona dentro de un ciclo completo.

La presencia de posibles derivas provocadas por ejemplo por fricción, desgaste, incrementos en la temperatura, rizado y desequilibrios inerciales, etc., puede determinar errores en el posicionamiento y/o velocidad y/o aceleración disponible para los elementos mecánicos. El método de control de acuerdo con la invención interviene mediante la

actuación en el momento en el que la referencia de corriente (anticipación de corriente) correspondiente a cada sub-fase "n" o cada múltiplo de "n" se envía al motor eléctrico que acciona el elemento mecánico, de modo que se cancelan básicamente estas derivas. En esta forma, el error de seguimiento se lleva progresivamente a cero.

- 5 De acuerdo con una variante, el método estipula que la unidad de control envía una referencia de velocidad (anticipación de velocidad) con relación a cada sub-fase "n", o múltiplo de "n".

De acuerdo con otra variante, el método estipula que la unidad de control envía una referencia de posición (anticipación de posición) con relación a cada sub-fase "n", o múltiplo de "n".

- 10 De acuerdo con una variante adicional, el método estipula modificar las ganancias de un lazo de control para cada sub-fase "n", o múltiplo de "n".

- 15 La finalidad de la presente invención es hacer posible, en el estado actual de la tecnología electrónica, ciclos de trabajo del elemento mecánico en el intervalo de aproximadamente 600 ciclos por minuto.

- De acuerdo con la invención, en el caso dado a modo de ejemplo en el que se envía una referencia de corriente (anticipación) al motor eléctrico, se envía una intensidad de la corriente con relación a cada sub-fase "n", o múltiplo de "n", que está sometida al siguiente algoritmo:

$$20 \quad IC = f(A, B)$$

en la que:

- 25 IC = es la referencia de corriente.
A = es una contribución de la corriente calculada de modo que el error de seguimiento se mantenga en un mínimo. Esta contribución se memoriza punto por punto durante un procedimiento de autoaprendizaje en cada sub-fase "n" y/o se carga desde tablas predefinidas. El procedimiento de autoaprendizaje verifica la posición del ciclo (sub-fase "n", o múltiplo de "n") y la cadencia del ciclo, memorizando los valores A en la tabla correspondiente;
30 B = es la sub-fase "n" o múltiplo de "n", dentro del ciclo.

- De acuerdo con la invención, para determinar el valor de referencia de corriente, en una variante evolutiva del algoritmo, también se consideran los siguientes factores adicionales:

- 35 C = es la velocidad punto por punto que debería tener el elemento mecánico con relación a la cadencia del ciclo, que puede ser variable;
D = es la primera derivada de la velocidad que debería tener el elemento mecánico con relación a la cadencia del ciclo, que puede ser variable;
40 E = es la inercia instantánea del elemento mecánico que puede ser variable y/o memorizarse durante un procedimiento de autoaprendizaje. El procedimiento de autoaprendizaje verifica la posición en el ciclo (sub-fase "n", o múltiplo de "n") y la cadencia del ciclo en sí mismo, memorizando los valores E en una tabla correspondiente;
45 F = son las sacudidas, esto es, la segunda derivada de la velocidad que debería tener el elemento mecánico con relación a la cadencia del ciclo, que puede ser variable.

Las referencias al elemento mecánico pueden aprenderse directamente a partir del elemento mecánico o, por ejemplo, directamente desde el árbol del motor eléctrico.

- 50 De acuerdo con una forma adicional de realización, el factor A (contribución de corriente) se corrige por el algoritmo también en relación con la deriva térmica y puede memorizarse durante un procedimiento de autoaprendizaje/autocalibración.

- De acuerdo con una característica adicional, también alguno de los factores C, D, E y F se corrige mediante el algoritmo con relación a la deriva térmica. El factor F puede memorizarse durante un procedimiento de autoaprendizaje/autocalibración. Las otras posibles variantes, como se ha identificado anteriormente, de acuerdo con la presente invención, siguen la filosofía descrita anteriormente con relación al algoritmo específico en conexión con el envío de la referencia de corriente y la gestión de la deriva térmica.

- 60 Debe observarse que el método de acuerdo con la invención está condicionado por encima de todo por el hardware actualmente disponible: si se mejora la capacidad de respuesta, el sistema también puede mejorarse, y puede considerarse por lo tanto como automáticamente actualizado.

- 65 De acuerdo con la invención, los medios de detección o transductores de posición, o entidades que simulan matemáticamente la posición del árbol de accionamiento se asocian al árbol del elemento de accionamiento, de modo que se impiden picos, fricción, derivas de fase u holguras.

Descripción de los dibujos

Serán evidentes esta y otras características de la presente invención a partir de la descripción que sigue de una forma de realización, dada como un ejemplo no restrictivo con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la fig. 1 es una vista esquemática de una unidad de automatización con dos unidades de operación en las que se aplica el método de mando y control de acuerdo con la presente invención;
- la fig. 2 es un detalle de un componente de la fig. 1;
- la fig. 3 muestra esquemáticamente la distribución de las fases de trabajo de un componente del dispositivo de la fig. 1;
- la fig. 4 es un diagrama de flujo simplificado que destaca el concepto de las sub-fases "n" sobre las que se aplica el método de acuerdo con la invención;
- la fig. 5 es un diagrama de flujo simplificado del algoritmo de acuerdo con la presente invención;
- la fig. 6 es un diagrama que muestra la situación de envío de un valor de corriente (anticipación) para cada sub-fase en la ejecución del método de acuerdo con la invención.

Para facilitar la comprensión, se han usado los mismos números de referencia, donde es posible, para identificar elementos comunes idénticos en los dibujos.

Descripción de una forma de realización

Con referencia a los dibujos adjuntos, un método para mando y control de un motor eléctrico de acuerdo con la presente invención es utilizable para unidades de automatización. Dichas unidades de automatización se usan en varios campos, y el único hecho relevante es que, entre el elemento de accionamiento, de aquí en adelante el motor eléctrico 12, y el dispositivo mecánico, de aquí en adelante el elemento mecánico 13, en el gobierno de las funciones de operación requeridas, no hay reducciones, o las reducciones están limitadas a aproximadamente un valor de 10.

Con referencia a la fig. 1, en el caso dado a modo de ejemplo, una unidad de automatización 10 consiste en dos unidades de operación 11 teniendo cada una medios para detectar la posición, o medios de detección de la posición, 16 del motor eléctrico 12 y/o del elemento mecánico 13. Los medios de detección de la posición 16, que en este caso se conectan directamente al árbol del motor eléctrico 12, detectan la posición angular del mismo, y proporcionan la posición angular punto por punto y precisa del árbol de accionamiento 15 y del elemento mecánico 13 a la unidad central de mando y control 14 (fig. 1).

Los medios de detección de la posición 16 y la unidad central de mando y control 14 se conectan mediante líneas de conexión de datos 27. Debería observarse que los medios de detección de la posición 16 pueden consistir en un transductor de posición asociado al árbol de accionamiento 15 o asociado al elemento mecánico 13. También puede usarse una entidad matemática que simule la posición del árbol de accionamiento 15 o del elemento mecánico 13. De aquí en adelante, en la expresión "medios de detección de la posición 16" se incluyen todas estas variantes adoptadas en cada ocasión.

Para cada unidad de ciclo (o sub-fase "n", o múltiplos de "n"), en el caso dado aquí a modo de ejemplo, la unidad central de mando y control 14 genera y envía un valor de referencia de corriente en el modo de anticipación, por ejemplo obtenida mediante técnicas de autoaprendizaje, y corregida posiblemente dependiendo de la deriva térmica.

De hecho, la unidad central de mando y control 14 se configura y programa para definir un programa de trabajo determinado de las unidades de operación y por lo tanto de sus motores eléctricos 12. Las líneas de conexión 18 realizan la función de transferencia y desde la unidad central de mando y control 14, la información de mando y control procede de, o se envía a, la unidad de operación individual 11. Es indiferente si las líneas de conexión de datos 27 y 18 son de tipo físico o inalámbrico, u otro tipo.

La unidad de operación individual 11, tal como se muestra en la fig. 2, comprende un motor eléctrico 12, que ventajosamente pero no necesariamente es de tipo sin escobillas, y un elemento mecánico 13 dirigido a realizar físicamente la etapa de la operación. El elemento mecánico 13 y el motor eléctrico 12 se conectan respectivamente a través de un árbol de accionamiento 15 a una posible unidad de reducción 17 que tiene como mucho una reducción de aproximadamente un valor de 10. Dado el bajo valor de reducción, el motor eléctrico 12 y el elemento mecánico 13 se consideran como conectados directamente, consiguiendo lo que se denomina un "movimiento directo". Para cada ciclo de operación completo de la unidad de operación 11, en este caso el árbol de accionamiento 15, durante su funcionamiento normal, lleva a cabo una rotación completa (ángulo de recorrido) y/o más, y/o parcial, durante lo que realiza la fase o fases del trabajo esperado.

La fig. 3 muestra esquemáticamente un ciclo, por ejemplo correspondiente a "x" grados de rotación del ángulo del árbol de accionamiento. Debería recordarse que la fig. 3 puede estar también en relación con el ciclo de tiempo o con el ángulo de recorrido realizado por el elemento mecánico para llevar a cabo el ciclo.

Para cada sub-fase, indicada respectivamente por 21, 22, 23, se aplica el algoritmo de acuerdo con la invención y la unidad central de mando y control 14 envía un valor correspondiente (anticipación) de corriente, obtenida por ejemplo por medio de autoaprendizaje, o memorizada en tablas, y corregida para impedir posibles derivas térmicas.

5 La fig. 4 muestra un diagrama de flujo simplificado que muestra el principio de funcionamiento general del mando y control realizado por la unidad central de mando y control 14. El ciclo subyacente al ángulo de rotación del árbol de accionamiento 15 del motor eléctrico 12, esto es, el tiempo de ciclo, se divide en sub-fases iguales "n" ("n" en el caso
10 mostrado aquí es igual a 360°). Cada sub-fase "n" (indicada por 21, 22 y 23 en la fig. 3), se gestiona individualmente por la unidad central de mando y control 14 que, en cada una de estas sub-fases "n", lleva a cabo los diferentes controles establecidos.

Debería recordarse que el control y gestión podría llevarse a cabo también para cada múltiplo de "n".

15 Debería recordarse también que cada fase del ciclo puede caracterizarse por un control y mando basado en "n" o múltiplos de "n" característicos de la fase específica.

La fig. 5 muestra un diagrama de flujo que representa las diferentes fases de la unidad central de mando y control 14 llevadas a cabo para gestionar y controlar la unidad de automatización 10. En el dibujo los números de referencia
20 tienen los siguientes significados: A corresponde a la contribución de corriente de autoaprendizaje enviada por la unidad central de mando y control 14 al motor eléctrico 12; B corresponde a la sub-fase "n" o múltiplos de "n" específica; C corresponde a la velocidad; D corresponde a la aceleración; E corresponde a la inercia instantánea; F a las sacudidas, que es la derivada de la aceleración.

25 Durante la actividad de la unidad de operación 11, el árbol de accionamiento 15 varía su posición angular lo que se detecta, por medio de los medios de detección de la posición 16, por la unidad central de mando y control 14 para establecer en qué fase de operación está la unidad de operación 11.

30 Una vez se ha determinado la sub-fase "n" específica en la que está la unidad operación 11, la unidad central de mando y control 14 recupera los parámetros de trabajo que se proporcionan por el programa, y aplica el algoritmo de control que, como resultado, envía una referencia de corriente (anticipación) al motor eléctrico 12, que es función de la posición del ciclo (sub-fase "n", o múltiplos de "n"), de modo que permita superar las discrepancias y alinear al elemento mecánico 13 tal como se estipula por el programa.

35 Con el método de acuerdo con la invención, se ha mostrado que el procedimiento de autoaprendizaje, gracias a las contribuciones de corriente enviadas por la unidad central de mando y control 14, permite eliminar el error de seguimiento y determinar un perfil de movimiento coherente con lo que se ha establecido en relación con las sub-fases individuales del ciclo, optimizando así el control del motor y la ejecución de las operaciones por el elemento mecánico 13.

40 La fig. 6 muestra un ejemplo de la ejecución del algoritmo de acuerdo con la presente invención en el que los valores de valor de la referencia de corriente en la anticipación (FF) que afectan a la sub-fase específica del ciclo ($n = 1, 2, \dots, 7, \dots$) y que corresponde a una velocidad de rotación determinada del eje de referencia maestro (árbol de accionamiento 15 o elemento mecánico 13) se memorizan en tablas de autoaprendizaje. En la tabla puede verse
45 cómo los valores específicos y diferenciados de la referencia de corriente pueden enviarse desde la unidad central de mando y control 14, para optimizar el control del ciclo de operación dependiendo de la fase específica, y para de ese modo minimizar el error de seguimiento después de que se haya llevado a cabo el procedimiento de autoaprendizaje.

50 En esta forma, se optimiza el ciclo de operación, también en función de las derivas térmicas, fricción, rizado u otras, específicas para cada fase individual.

Es claro que pueden realizarse modificaciones y/o adiciones de partes a la unidad de automatización tal como se ha descrito en el presente documento hasta el momento, sin apartarse del campo y alcance de la presente invención.

55 Es también claro que, aunque la presente invención se ha descrito con referencia a algunos ejemplos específicos, un experto en la materia será ciertamente capaz de conseguir muchas otras formas equivalentes de unidad de automatización, que tenga las características expuestas en las reivindicaciones y por ello cayendo todas dentro del campo de protección de esta manera definido.

REIVINDICACIONES

1. Método para optimizar el mando y control de un motor eléctrico (12) de una unidad de automatización (10), que comprende un elemento mecánico (13), accionado por un árbol (15) de dicho motor eléctrico (12), para llevar a cabo un ciclo de operación y una unidad central de mando y control (14), comprendiendo la unidad de automatización (10) al menos un medio de detección de la posición (16) para detectar la posición instantánea de dicho árbol (15) del motor eléctrico (12) y/o de dicho elemento mecánico (13), en el que dicho motor eléctrico (12) se conecta directamente a dicho elemento mecánico (13), constituyendo el motor eléctrico (12) y el elemento mecánico (13) una unidad de operación (11) adecuada para realizar al menos una parte de una rotación completa de uno o más ángulos de recorrido del elemento mecánico (13) llevando a cabo dicho ciclo de operación, caracterizado por que dicho método comprende las siguientes etapas:

- i) recibir, por dicha unidad central de mando y control (14), al menos señales de la posición del árbol (15) del motor eléctrico (12) y/o del elemento mecánico (13) desde dichos medios de detección de la posición (16) o desde una entidad simuladora matemática configurada para simular la posición del árbol (15) del motor eléctrico (12) y/o del elemento mecánico (13);
- ii) dividir dicho ciclo de operación en una pluralidad de sub-fases ("n") de operación iguales entre sí;
- iii) establecer, por dicha unidad central de mando y control (14), en qué sub-fase ("n") de operación está la unidad de operación (11), basándose en señales desde dichos medios de detección de la posición (16) o desde dicha entidad simuladora matemática de la etapa i);
- iv) seleccionar, por dicha unidad central de mando y control (14), una corriente de referencia basándose en una etapa de autoaprendizaje, para cada una de dichas sub-fases ("n") de operación, o para un múltiplo de sub-fases, establecidas en la etapa iii);
- v) generar, por dicha unidad central de mando y control (14), una señal de corrección basándose en dicha corriente de referencia de la etapa iv) y envío, por dicha unidad central de mando y control (14), de dicha señal de corrección al motor eléctrico (12);

en el que dicha etapa de autoaprendizaje comprende:

- verificar, por dicha unidad central de mando y control (14), la posición del árbol (15) del motor eléctrico (12) y/o del elemento mecánico (13) con respecto a las sub-fases ("n") de operación establecidas en la etapa iii) y la cadencia del ciclo de operación,
- memorizar, por dicha unidad central de mando y control (14), valores de la corriente de referencia en una tabla correspondiente para cada sub-fase;
- en el que dicha corriente de referencia se selecciona al menos como una función de uno o más de entre: un error de seguimiento instantáneo, una velocidad instantánea de referencia del elemento mecánico (13), una primera derivada de la velocidad instantánea de referencia del elemento mecánico (13), una segunda derivada de la velocidad instantánea de referencia del elemento mecánico (13) y una inercia instantánea del elemento mecánico (13) con relación a la cadencia del ciclo de operación.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que cada sub-fase ("n") de operación corresponde al menos a una parte de un ángulo de recorrido realizado por dicho árbol (15) del motor eléctrico (12).

3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que cada sub-fase ("n") de operación corresponde a una unidad elemental de tiempo dentro de la que se divide una duración global que representa el tiempo que lleva completar al menos el ángulo de recorrido o parte de él.

4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que cada sub-fase ("n") de operación corresponde a una unidad elemental, resultante de la entidad simuladora matemática que simula la posición del árbol (15) del motor eléctrico (12) y/o del elemento mecánico (13).

5. Método de acuerdo con cualquier reivindicación desde 1 a 4, caracterizado por que dicho método proporciona también una contribución de corriente de referencia suministrada al motor eléctrico (12) memorizada instantáneamente durante el procedimiento de autoaprendizaje dirigida a minimizar instantáneamente los errores de seguimiento para cada sub-fase ("n") de operación, o múltiplos de ("n"), dicho procedimiento de autoaprendizaje verifica la posición en el ciclo, de acuerdo con la sub-fase ("n") de operación o múltiplos de ("n"), y la cadencia del ciclo de operación, memorizando los valores de corriente necesarios en una tabla correspondiente para cada sub-fase ("n") de operación.

6. Método de acuerdo con cualquier reivindicación desde 1 a 5, caracterizado por que la corriente de referencia se corrige también con relación a la deriva térmica determinada por ejemplo por fricciones o por otros tipos de deriva térmica, de los componentes mecánicos y eléctricos de dicha unidad de automatización (10).

7. Sistema para la realización del método de acuerdo con cualquier reivindicación desde 1 a 6, que comprende un motor eléctrico (12), teniendo dicho motor eléctrico (12) un árbol giratorio (15) al que se conecta directamente un elemento mecánico (13) para llevar a cabo un ciclo de operación, constituyendo el motor eléctrico (12) y el elemento

mecánico (13) una unidad de operación (11), teniendo también el sistema unos medios de detección de la posición (16), realizando dicha unidad de operación (11) al menos una parte de una rotación completa de un ángulo de recorrido del elemento mecánico (13) accionado por el motor eléctrico (12) llevando a cabo dicho ciclo de operación, caracterizado por que dicho sistema comprende una unidad central de mando y control (14) configurada para realizar la siguiente etapa:

- i) adquirir datos de posición del árbol (15) del motor eléctrico (12) y/o del elemento mecánico (13) desde los medios de detección de la posición (16) o desde una entidad simuladora matemática configurada para simular la posición del árbol (15) del motor eléctrico (12) y/o del elemento mecánico (13),
- ii) dividir dicho ciclo de operación del elemento mecánico (13), en sub-fases ("n") de operación iguales,
- iii) establecer en qué sub-fase ("n") de operación está la unidad de operación (11), basándose en señales desde dichos medios de detección de la posición (16) o desde dicha entidad simuladora matemática de la etapa i),
- iv) seleccionar una corriente de referencia basándose en una etapa de autoaprendizaje, para cada una de dichas sub-fases ("n") de operación, o para un múltiplo de sub-fases, establecidas en la etapa iii),
- v) generar una señal de corrección basándose en dicha corriente de referencia de la etapa iv) y envío de dicha señal de corrección al motor eléctrico (12);

en el que dicha etapa de autoaprendizaje comprende:

- verificar, por dicha unidad central de mando y control (14), la posición del árbol (15) del motor eléctrico (12) y/o del elemento mecánico (13) con respecto a las sub-fases ("n") de operación establecidas en la etapa iii) y la cadencia del ciclo de operación,
- memorizar, por dicha unidad central de mando y control (14), valores de la corriente de referencia en una tabla correspondiente para cada sub-fase ("n") de operación;
- en el que dicha corriente de referencia se selecciona al menos como una función de uno o más de entre: un error de seguimiento instantáneo, una velocidad instantánea de referencia del elemento mecánico (13), una primera derivada de la velocidad instantánea de referencia del elemento mecánico (13), una segunda derivada de la velocidad instantánea de referencia del elemento mecánico (13) y una inercia instantánea del elemento mecánico (13) con relación a la cadencia del ciclo de operación.

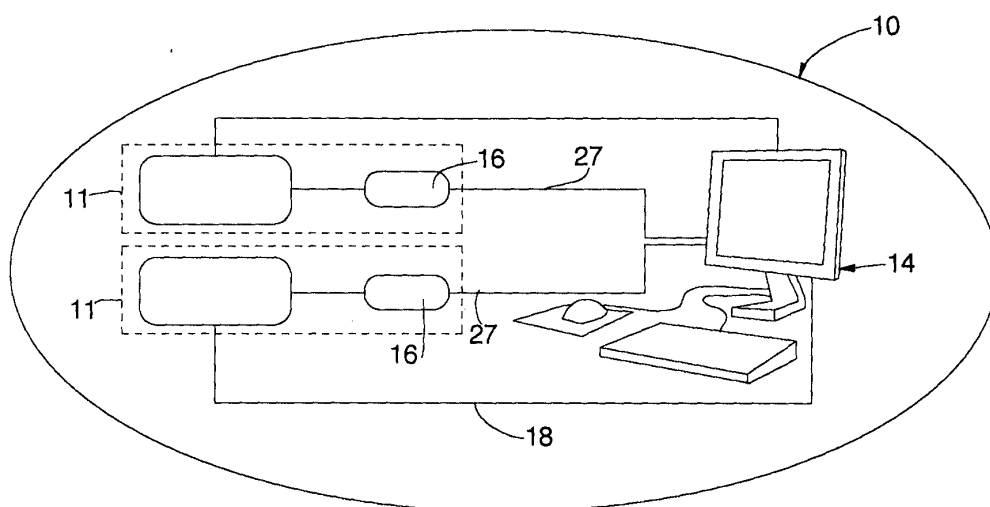


fig.1

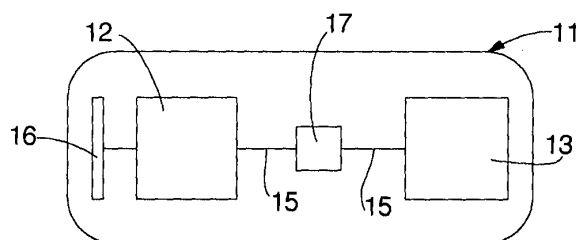


fig.2

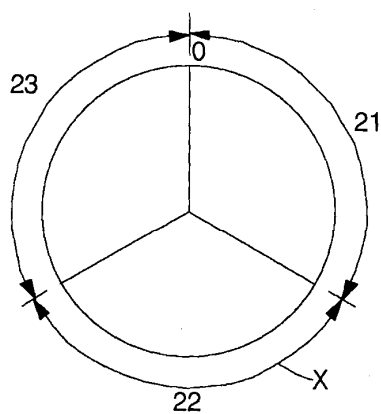


fig.3

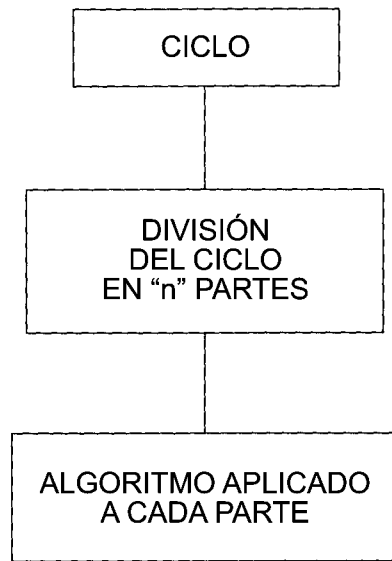


fig. 4

FF enviado en función de tablas de autoaprendizaje y sub-fases n y velocidad del ciclo

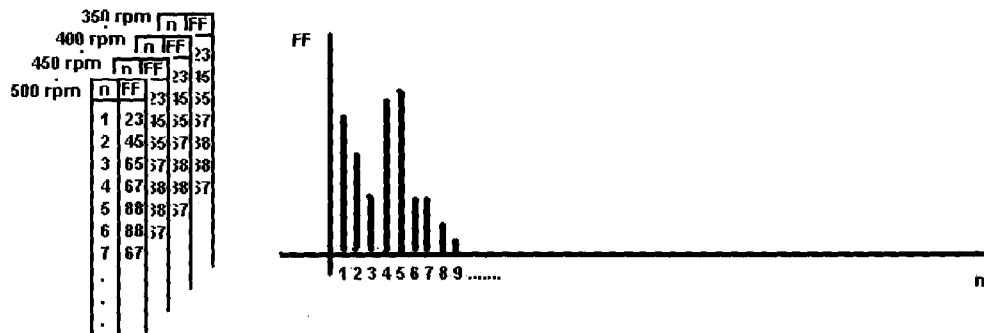


fig. 6

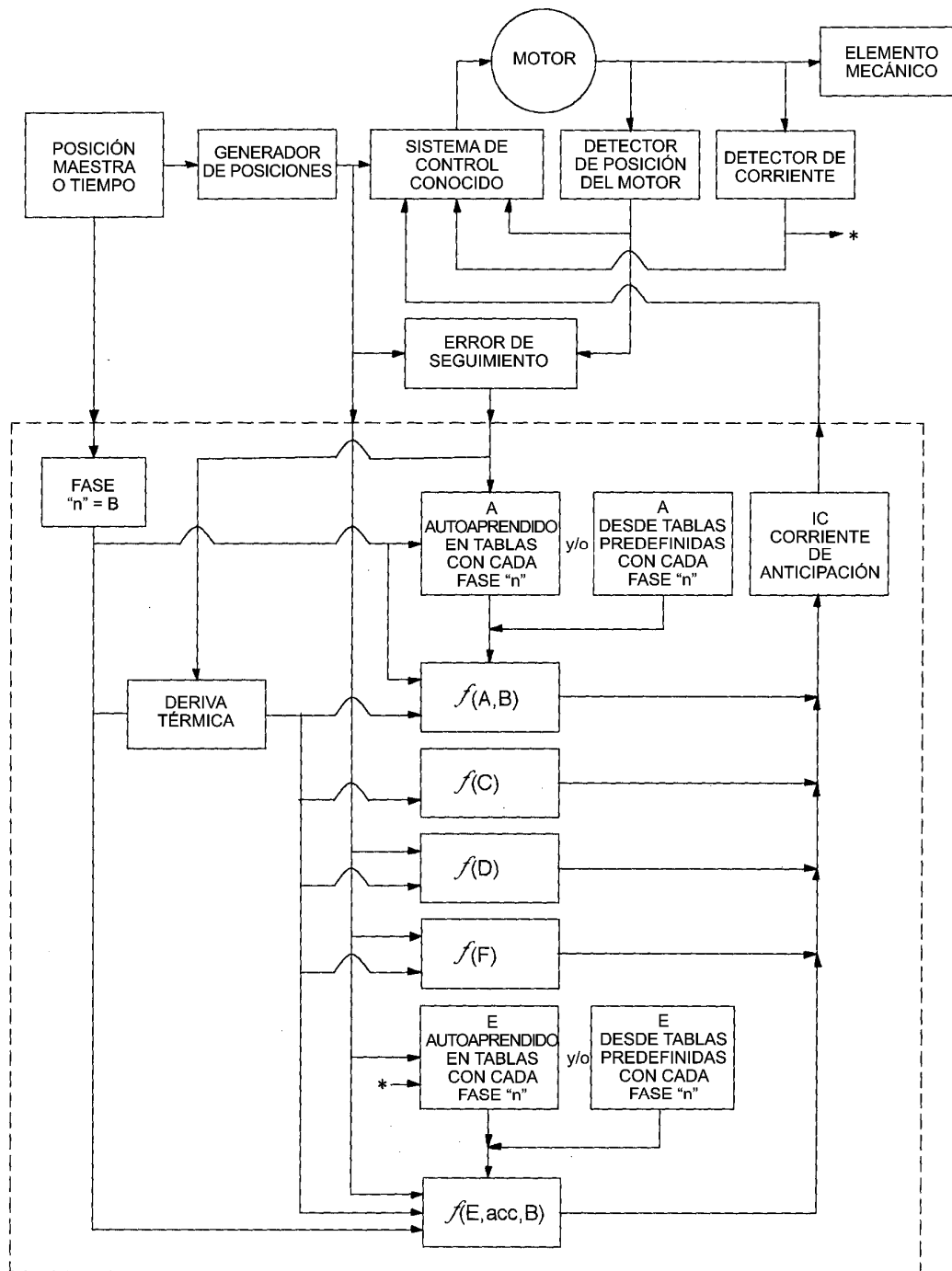


fig.5