

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 628**

51 Int. Cl.:

**H01F 7/18** (2006.01)

**H01H 47/00** (2006.01)

**H01F 7/13** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2009 E 09354029 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2015 EP 2148339**

54 Título: **Accionador electromagnético que incluye unos medios de control de funcionamiento autoadaptativos y procedimiento que utiliza dicho actuador**

30 Prioridad:

**24.07.2008 FR 0804214**

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

**25.09.2015**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS  
(100.0%)  
35 RUE JOSEPH MONIER  
92500 RUEIL-MALMAISON, FR**

72 Inventor/es:

**FOLLIC, STÉPHANE;  
DELBAERE, STÉPHANE y  
LAURAIRE, MICHEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 546 628 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

Accionador electromagnético que incluye unos medios de control de funcionamiento autoadaptativos y procedimiento que utiliza dicho actuador

### Campo técnico de la invención

5 La invención se refiere a un actuador electromagnético que tiene una unidad de tratamiento destinada a actuar sobre unos medios de mando en función de un esfuerzo mecánico que se aplica sobre dicho actuador. Dicho actuador comprende una armadura móvil montada en el interior de una culata fija magnética, siendo móvil dicha armadura entre una posición abierta y una posición cerrada. Al menos una bobina de excitación está conectada a los medios de mando. Dicha unidad de tratamiento consta de unos medios para determinar una variación de flujo en la bobina de excitación, a partir de una medición de la tensión y de la corriente que circula en dicha bobina. Dicha unidad de tratamiento consta, además, de unos medios para determinar la posición de la armadura móvil con respecto a la culata fija, determinándose a partir de una correlación entre dicha posición, el flujo y la corriente en la bobina de excitación.

10 La invención también se refiere a un procedimiento para determinar un esfuerzo mecánico que se aplica sobre un actuador de acuerdo con la invención.

### Estado de la técnica anterior

El funcionamiento de un actuador electromagnético está relacionado con sus condiciones de utilización. Algunas condiciones externas dependen, en particular, del tipo y/o del número de aparatos que hay que accionar y/o de las condiciones de temperatura en las cuales se utiliza el actuador y/o del intervalo de tensión de alimentación de dicho actuador. Otras condiciones internas dependen en particular del estado de envejecimiento del actuador.

Al poder cambiar las condiciones de funcionamiento de los actuadores electromagnéticos durante su uso, la garantía de un funcionamiento óptimo exige un conocimiento de algunos parámetros de funcionamiento. Por ejemplo, puede resultar útil conocer las velocidades de cierre y/o de apertura. Un conocimiento de la posición y/o de la velocidad de la armadura móvil permite por tanto adaptar el valor de la corriente eléctrica en la bobina de excitación para minimizar las fuerzas de impacto de las partes móviles contra las partes fijas y/o para optimizar la cantidad de corriente eléctrica consumida durante la fase de cierre o la fase de mantenimiento.

Algunas soluciones consisten en utilizar unos sensores adicionales que permiten conocer los valores de los parámetros de funcionamiento del actuador. Por ejemplo, algunas soluciones utilizan unos sensores de posición y/o de velocidad. Sin embargo, la utilización de un sensor es a menudo compleja teniendo en cuenta el poco espacio disponible y un entorno más o menos hostil relacionado por ejemplo con unas temperaturas elevadas.

El documento FR 2745913 describe un método de medición de la posición de un núcleo móvil de un electroimán sin la utilización de un sensor adicional. La medición de la posición se realiza a partir de la medición de la tensión y de la corriente que circula por la bobina de excitación de este electroimán. Sin embargo, en este método, se parte de la hipótesis de que la inductancia del circuito magnético es constante cuando el circuito magnético está en la posición abierta y en la posición cerrada, es decir que se parte en particular de la hipótesis de que el circuito magnético está saturado en la posición cerrada. Ahora bien, en muchos aparatos interruptores de tipo contactor o contactor-disyuntor, el circuito magnético no está completamente saturado en la posición cerrada, de tal modo que utilice al máximo el rendimiento del circuito magnético. De este modo, la inductancia en la posición cerrada no es constante y varía ampliamente en función de la corriente que circula en la bobina de excitación. Esta es la razón por la que por tanto dicho método no es adecuado.

Otras soluciones como las descritas en los documentos FR 2835061, US 5424637, describen también unos procedimientos de medición de la posición de la armadura móvil de un electroimán sin la utilización de un sensor adicional. Estas soluciones utilizan la medición de la tensión y de la corriente eléctrica en la bobina de excitación para determinar la posición de la armadura móvil. Sin embargo, estas soluciones no permiten la medición o la evaluación de otros parámetros de funcionamiento tales como la naturaleza de la carga mecánica y las interacciones de la dinámica aplicada al actuador.

El documento DE 103332595 describe un método para determinar la aceleración de una armadura móvil de un actuador electromagnético. Este método utiliza la medición de la tensión y de la corriente en la bobina de excitación y la medición de la resistencia total de la bobina de excitación para calcular la aceleración.

### Descripción de la invención

La invención busca, por lo tanto, resolver los inconvenientes del estado de la técnica, de tal modo que propone un actuador electromagnético que consta de unos medios de control autoadaptativos que actúan sobre los medios de mando de dicho actuador en función de un esfuerzo mecánico que se aplica sobre el actuador.

55 La unidad de tratamiento de actuador electromagnético de acuerdo con la invención consta de unos medios de

- control autoadaptativos que tienen unos medios de medición de una resistencia total de la bobina de excitación a partir de una corriente eléctrica de referencia y/o de una tensión de referencia. Los medios de control autoadaptativos constan de unos medios para determinar una energía térmica elemental en función de la resistencia total de la bobina de excitación y de la corriente eléctrica instantánea. Unos medios determinan una energía eléctrica elemental en función de la tensión instantánea y de la corriente eléctrica instantánea. Unos medios determinan una energía electromagnética elemental igual a la diferencia entre la energía eléctrica instantánea y la energía térmica instantánea. Unos medios determinan una energía mecánica elemental igual a la diferencia entre la energía electromagnética elemental y una energía magnética elemental, siendo la energía magnética elemental una función de la derivada parcial del flujo con respecto a la corriente instantánea. Unos medios determinan un esfuerzo mecánico que se aplica sobre el actuador en función de la diferencia entre la energía mecánica elemental y la variación de energía con respecto al tiempo de la armadura móvil entre la posición abierta y la posición cerrada. Al estar los medios de mando conectados a los medios de control autoadaptativos, hacen que varíe la intensidad de la corriente de mando para la bobina en función de dicho esfuerzo mecánico.
- 5
- 10
- 15 De acuerdo con una forma de desarrollo de la invención, la correlación entre dicha posición de la armadura móvil, el flujo o la inductancia de la bobina y la corriente que circula en dicha bobina se representa a partir de un planteamiento de ecuaciones específicas.
- 20 De acuerdo con una forma de desarrollo de la invención, la correlación entre dicha posición de la armadura móvil, el flujo o la inductancia de la bobina y la corriente que circula en la bobina se representa a partir de una curva de superficie que da un entrehierro del actuador electromagnético en función del flujo o la inductancia de la bobina de excitación y de la corriente que circula en dicha bobina.
- 25 De manera ventajosa, la unidad de tratamiento consta de unos medios de memorización que memorizan la curva de superficie en forma de una o varias ecuaciones.
- 30 De manera ventajosa, la unidad de tratamiento consta de unos medios de memorización que memorizan la curva de superficie en forma de una tabla de datos que contiene una multitud de valores del entrehierro del actuador, de la inductancia o del flujo de la bobina de excitación y de la corriente.
- 35 De preferencia, la culata fija consta de un eje longitudinal, estando la armadura móvil montada con deslizamiento axial a lo largo del eje longitudinal de dicha culata.
- 40 En una forma de realización, la unidad de tratamiento consta de unos medios de mando conectados y controlados por los medios de control autoadaptativos de la unidad de tratamiento para emitir y controlar la corriente eléctrica que circula en la bobina en función del esfuerzo mecánico.
- 45 De manera ventajosa, los medios de mando emiten y controlan la corriente eléctrica que circula en la bobina de excitación en función de la posición calculada de la armadura móvil con respecto a la culata fija.
- 50 El procedimiento de acuerdo con la invención para determinar un esfuerzo mecánico que se aplica sobre un actuador tal como se ha definido con anterioridad, consiste en medir una resistencia total de la bobina de excitación a partir de una corriente eléctrica de referencia y/o de una tensión de referencia, determinar una energía térmica elemental en función de la resistencia total de la bobina de excitación y de la corriente eléctrica instantánea. El procedimiento consiste, además, en determinar una energía eléctrica elemental en función de la tensión instantánea y de la corriente eléctrica instantánea y determinar una energía electromagnética elemental igual a la diferencia entre la energía eléctrica instantánea y la energía térmica instantánea. El procedimiento determina una energía mecánica elemental igual a la diferencia entre la energía electromagnética elemental y una energía magnética elemental, siendo la energía magnética elemental una función de la derivada parcial del flujo con respecto a la corriente instantánea. Por último, el procedimiento determina un esfuerzo mecánico que se aplica sobre el actuador en función de la energía mecánica elemental y de una variación de energía cinética de la armadura móvil entre la posición abierta y la posición cerrada y hace que varíe la intensidad de la corriente en la bobina de excitación en función de dicho esfuerzo mecánico.
- 55 De acuerdo con una forma de desarrollo de la invención, la correlación entre dicha posición de la armadura móvil, el flujo o la inductancia de la bobina y la corriente que circula en dicha bobina se representa a partir de un planteamiento de ecuaciones específicas.
- 60 De acuerdo con una forma de desarrollo de la invención, la correlación entre dicha posición de la armadura móvil, el flujo o la inductancia de la bobina se representa a partir de una curva de superficie que da un entrehierro del actuador electromagnético en función del flujo o la inductancia de la bobina y de la corriente (I) que circula en dicha bobina.
- 65 De manera ventajosa, la curva de superficie se memoriza en unos medios de memorización en forma de una tabla de datos que contiene una multitud de valores del entrehierro del actuador, de la inductancia o del flujo de la bobina y de la corriente que circula en dicha bobina.

**Breve descripción de las figuras**

5 Se mostrarán otras ventajas y características de manera más clara en la descripción que viene a continuación de unas formas particulares de realización de la invención, dadas a título de ejemplos no limitativos, y representadas en los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 representa un esquema de un actuador electromagnético en la posición abierta de acuerdo con una forma de realización de la invención;

10 la figura 2 representa un esquema de un actuador electromagnético en la posición cerrada de acuerdo con la figura 1;

15 la figura 3 representa una curva de superficie que representa un entrehierro de un actuador electromagnético en función de la inductancia de la bobina de dicho actuador y de la corriente que circula en la bobina.

**Descripción detallada de una forma de realización**

20 De acuerdo con una primera forma preferente de realización, el actuador 100 electromagnético consta de un circuito 1 magnético que tiene una culata 11 fija y una armadura 12 móvil. La armadura 12 móvil está montada en la culata 11 fija. De este modo, la armadura 12 móvil y la culata 11 fija forman un circuito magnético deformable que presenta un entrehierro variable. Dicha armadura 12 móvil es móvil entre una posición K1 abierta y una posición K2 cerrada.

La posición K2 cerrada tal como está representada en la figura 2 corresponde habitualmente al mínimo del entrehierro E existente entre la armadura 12 móvil y la culata 11 fija, y la posición abierta corresponde al máximo del entrehierro E.

25 De acuerdo con una forma particular de realización representada en las figuras 2 y 3, la culata 11 fija consta de un eje X longitudinal. La armadura 12 móvil está montada con deslizamiento axial a lo largo de un eje X longitudinal de dicha culata 11 fija.

30 El actuador electromagnético consta también de una bobina 3 de excitación en la que puede circular una corriente eléctrica. La bobina 3 de excitación está destinada a crear por tanto un campo magnético que provoca un desplazamiento de la armadura 12 móvil. La bobina 3 está conectada a unos medios 21 de mando de una unidad 2 de tratamiento. La bobina está alimentada bien con corriente continua, o bien con corriente alterna mediante dichos medios 21 de mando.

35 De acuerdo con una primera forma particular de realización, el actuador electromagnético puede ser monoestable. El movimiento inverso de apertura de la armadura 12 móvil lo genera entonces un sistema de retorno, tal como un muelle de retorno, no representado.

De acuerdo con una segunda forma particular de realización, el actuador electromagnético puede ser biestable. El movimiento de apertura de la armadura 12 móvil lo genera por tanto el paso de una corriente inversa de excitación en la bobina de excitación.

40 A título de ejemplo, el actuador electromagnético está destinado para el mando de un aparato de tipo contactor o contactor-disyuntor. Puede permitir conmutar una carga eléctrica que hay que controlar, tal como un motor eléctrico. Presenta de manera conocida uno o varios polos de potencia cada uno presentando uno o varios contactos fijos que cooperan con uno o varios contactos móviles para llevar a cabo esta conmutación. La armadura 12 móvil coopera de este modo mecánicamente con los contactos móviles, no representados.

45 El actuador electromagnético consta de una unidad 2 de tratamiento. Esta unidad 2 de tratamiento consta, en particular, de un microcontrolador o un microprocesador 23 implantado en un circuito integrado. Dicha unidad 2 de tratamiento consta también de unos medios 22 de memorización internos conectados al microcontrolador o de un microprocesador 23. Los medios 22 de memorización están compuestos, por ejemplo, por una memoria no volátil de tipo EEPROM.

50 La unidad 2 de tratamiento del actuador electromagnético consta también de unos primeros medios de medición de la tensión u instantánea en los bornes de la bobina de excitación y de unos segundos medios de medición de la intensidad de la corriente i eléctrica instantánea que circula en la bobina. Estos primeros medios y estos segundos medios de medición generan unas señales representativas respectivamente de la tensión u y de la corriente i que son recibidas por la unidad de tratamiento, tras su digitalización y muestreo. A partir de los valores medidos de la tensión u y de la corriente i, la unidad de tratamiento calcula en cualquier instante el flujo Φ magnético de la bobina 3 de excitación, por medio de una primera ecuación (1):

$$(1) \quad u(t) = Ri(t) - N \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

en la que R representa la resistencia eléctrica total de la bobina de excitación, incluyendo la resistencia interna de la bobina y la resistencia de medición de un *shunt* de medición de la corriente que circula en dicha bobina; siendo N igual al número de espiras de la bobina 3 de excitación.

5 Simultáneamente, la inductancia H de la bobina 3 de excitación se puede calcular por medio de una segunda ecuación (2):

$$(2) \quad N \times \Phi = H \times i$$

De este modo, la primera ecuación (1) se puede escribir en forma de una tercera ecuación:

$$(3) \quad u(t) = Ri(t) + H \cdot \frac{dI}{dt} + i(t) \cdot \frac{dH}{dt}$$

10 La primera ecuación (1) y la tercera ecuación (3) tienen en cuenta las pérdidas del campo magnético en el actuador. La resistencia R eléctrica total de la bobina 3 de excitación se determina mediante unos medios de medición de la unidad 2 de tratamiento. Se aplica una tensión Uref de referencia a la bobina 3 de excitación. La resistencia de medición permite conocer la corriente asociada y de este modo determinar la resistencia R eléctrica total. La resistencia R eléctrica total se modifica principalmente por la temperatura de la bobina. El *shunt* de medición debe ser estable y preciso.

15 La inductancia H depende también de las características intrínsecas del circuito 1 magnético así como del entrehierro E variable existente entre la armadura 12 móvil y la culata 11 fija. Estas características intrínsecas dependen en particular de la forma o la arquitectura del actuador electromagnético. De este modo, para un actuador electromagnético dado, la inductancia H es por tanto una función del entrehierro E. Estas características intrínsecas dependen también de los parámetros magnéticos relacionados en particular con los materiales utilizados. Dado que el circuito 1 magnético no está completamente saturado en la posición cerrada, la inductancia H varía también  
20 ampliamente en función de la corriente i que circula en la bobina de excitación.

De acuerdo con una forma de desarrollo de la invención, la unidad 2 de tratamiento del actuador electromagnético consta de unos medios para determinar la posición de la armadura 12 móvil con respecto a la culata 11 fija, a partir de una curva 10 de superficie.

25 La curva 10 de superficie tridimensional tal como se representa a título de ejemplo en la figura 3, da el valor del entrehierro E del actuador electromagnético en función de la inductancia H de la bobina 3 de excitación y de la corriente i que circula en dicha bobina 3. A título de ejemplo, dicha curva 10 de superficie corresponde a un aparato interruptor de tipo contactor. La corriente i se expresa en amperios, la inductancia H se expresa en henrios y el entrehierro E se exprese en milímetros. El entrehierro varía entre un valor máximo de aproximadamente seis  
30 milímetros en este ejemplo, que corresponde a la posición K1 abierta de la armadura 12 móvil, y un valor mínimo nulo, que corresponde a la posición K2 cerrada de la armadura 12 móvil. Según la curva 10 de superficie se observa una influencia importante de la saturación del material cuando el electroimán está en la posición cerrada. En efecto, la inductancia H varía sustancialmente en función de la corriente i que circula en la bobina 3 de excitación. A la inversa, en la posición abierta, la inductancia H es casi constante en función de la corriente i en la bobina 3. Una  
35 curva del mismo tipo, no representada, se puede obtener para el movimiento de apertura.

Los valores que permiten constituir la curva 10 de superficie dependen de las características intrínsecas del actuador y deben, por lo tanto, determinarse previamente para cada tipo de actuador. De este modo, la curva 10 de superficie se almacena en unos medios de memorización una única vez, de manera preferente durante la fabricación del actuador electromagnético. La curva 10 de superficie se puede memorizar en los medios 22 de memorización en  
40 forma de una tabla de datos que consta de una multitud de puntos, estando cada punto determinado por un valor de la corriente i y un valor de la inductancia H a los cuales corresponde un valor que representa el entrehierro E del actuador electromagnético. Esta tabla de datos la utiliza la unidad 2 de tratamiento como un ábaco, es decir que, después de haber recibido las señales representativas de la corriente i y de la tensión u, y a continuación haber calculado la inductancia H por medio de la segunda ecuación 2 indicada con anterioridad, la unidad de tratamiento  
45 determina, para cada par de valores de la inductancia H y de la corriente i, un valor correspondiente del entrehierro E memorizado en la tabla de datos.

Si el tratamiento de una tabla de datos entorpece demasiado el funcionamiento de la unidad 2 de tratamiento, entonces la curva 10 de superficie se puede memorizar en forma de una o varias ecuaciones de superficie que calculan el entrehierro E del actuador electromagnético en función de la inductancia H de la bobina del electroimán y  
50 de la corriente i que circula en la bobina. Es posible que sean necesarias varias ecuaciones de superficie para cubrir completamente la curva 10 de superficie, siendo entonces cada ecuación válida solo en una zona delimitada de la curva 10 de superficie.

Cuando se ha determinado el entrehierro E, la unidad 2 de tratamiento puede deducir de forma instantánea de este el valor de la posición de la armadura 12 móvil con respecto a la culata 11 fija. Además, la unidad 2 de tratamiento  
55 también puede calcular la velocidad instantánea de la armadura móvil. Dicha velocidad es igual a la derivada del

valor de la posición de dicha armadura con respecto al tiempo t. Conociendo la masa m de la armadura móvil, se calcula entonces la energía  $\frac{1}{2}mv^2$  cinética de la armadura. La masa de la armadura móvil es un dato físico directamente relacionado con la construcción del actuador.

5 El conjunto de estas características se describe en la patente de la solicitante FR 2835061 que se cita aquí como referencia.

De acuerdo con una forma preferente de realización de la invención, la unidad 2 de tratamiento del actuador electromagnético consta de unos medios de control autoadaptativos adaptados para determinar una fuerza F mecánica que se aplica sobre el actuador electromagnético. La determinación de la fuerza F mecánica se lleva a cabo sin la ayuda de sensores adicionales. Dichos medios autoadaptativos comprenden unos medios para 10 determinar una energía (R.i2.dt) térmica elemental en función de la resistencia R eléctrica total del circuito de excitación y de la corriente i eléctrica instantánea.

Además, los medios autoadaptativos comprenden unos medios para determinar una energía (u.i.dt) eléctrica elemental en función de la tensión u instantánea y de la corriente i eléctrica instantánea y unos medios para determinar una energía electromagnética elemental del actuador electromagnético. Dicha energía es igual a la 15 diferencia entre la energía (u.i.dt) eléctrica elemental y la energía (R.i2.dt) térmica elemental.

Los medios autoadaptativos comprenden también unos medios para determinar una energía  $(\frac{\partial\phi(i,x)}{\partial x} .i.dx)$  mecánica elemental. Dicha energía es igual a la diferencia entre la energía electromagnética elemental y la energía

magnética elemental. La energía  $(\frac{\partial\phi(i,x)}{\partial i} .i.di)$  magnética elemental es una función de la derivada parcial del

flujo  $\frac{\partial\phi(i,x)}{\partial i}$  con respecto a la corriente (i) eléctrica instantánea y de la posición x anteriormente calculada.

20 Los medios autoadaptativos comprenden unos medios para determinar la fuerza F mecánica que se aplica sobre el

actuador. Esta fuerza es una función de la energía  $(\frac{\partial\phi(i,x)}{\partial x} .i.dx)$  mecánica elemental y de una variación de

energía  $(\frac{1}{2}mv^2)$  cinética de la armadura 12 móvil entre la posición K1 abierta y la posición K2 cerrada. La fuerza F se calcula por medio de una cuarta ecuación (4):

$$(4) \quad F = \frac{1}{dx} . (\frac{\partial\phi(i,x)}{\partial x} .i.dx - \left[ \frac{1}{2}mv^2 \right]_{k1}^{k2} )$$

25 Una primera aplicación de la invención consiste en llevar a cabo el control del actuador a partir del conocimiento de la posición de la armadura 12 móvil y de la fuerza F mecánica que se aplica sobre el actuador.

De acuerdo con la invención, la unidad 2 de tratamiento es capaz de controlar la intensidad de la corriente I que circula en la bobina 3 de excitación a partir de la posición de la armadura móvil y/o de la fuerza F. Al estar los 30 medios 21 de mando conectados y controlados por los medios de control autoadaptativos pueden emitir y controlar la corriente I eléctrica de mando para la bobina 3 de excitación en función de la fuerza F mecánica. Este control permite en particular reducir la intensidad de la corriente en una zona que corresponde al impacto de los contactos móviles sobre los contactos fijos de los polos del aparato interruptor. Este control es aun más interesante cuando el actuador electromagnético es biestable puesto que entonces es posible controlar el electroimán durante los movimientos de cierre y de apertura. Además, los medios de mando emiten y controlan la corriente eléctrica de 35 mando I para la bobina 3 de excitación en función de la posición x calculada de la armadura 12 móvil con respecto a la culata 11 fija.

REIVINDICACIONES

1. Actuador (100) electromagnético que tiene una unidad (2) de tratamiento destinada a actuar sobre unos medios (21) de mando en función de un esfuerzo (F) mecánico que se aplica sobre dicho actuador, actuador que comprende:
- 5        - una armadura (12) móvil montada en el interior de una culata (11) fija magnética, siendo móvil dicha armadura (12) móvil entre una posición (K1) abierta y una posición (K2) cerrada;
- al menos una bobina (3) de excitación conectada a los medios (21) de mando;
- dicha unidad (2) de tratamiento que tiene:
- 10       - unos medios para determinar una variación de flujo ( $\Phi$ ) en la bobina (3) de excitación, a partir de una medición de la tensión (u) instantánea y de la corriente (i) eléctrica instantánea que circula en dicha bobina;
- unos medios para determinar una variación de inductancia (H) en la bobina (3) de excitación, a partir de una medición de variación de flujo ( $\varphi$ );
- unos medios para determinar la posición (x) de la armadura (12) móvil con respecto a la culata (11) fija, determinándose a partir de una correlación entre dicha posición (x), la inductancia (H) y la corriente (i) instantánea en la bobina (3) de excitación;
- 15       - unos medios de medición de una resistencia (R) total de la bobina (3) de excitación a partir de una corriente eléctrica (Iref) de referencia y/o de una de una tensión (Uref) de referencia, actuador **caracterizado porque** la unidad de tratamiento incluye unos medios de control autoadaptativos que tienen:
- unos medios para determinar una energía (R.i2.dt) térmica elemental en función de la resistencia (R) total de la bobina de excitación y de la corriente (i) eléctrica instantánea;
- 20       - unos medios para determinar una energía (u.i.dt) eléctrica elemental en función de la tensión (u) instantánea y de la corriente (i) eléctrica instantánea;
- unos medios para determinar una energía electromagnética elemental igual a la diferencia entre la energía (u.i.dt) eléctrica instantánea y la energía (R.i2.dt) térmica instantánea;
- 25       - unos medios para determinar una energía ( $\partial\Phi (i,x)/i.dx$ ) mecánica elemental igual a la diferencia entre la energía ax electromagnética elemental y una energía magnética elemental;
- siendo la energía ( $\partial\Phi (i,x)/\partial i.i.di$ ) magnética elemental una función de ai la derivada parcial del flujo con respecto a la corriente (i) instantánea;
- 30       - unos medios para determinar un esfuerzo (F) mecánico que se aplica sobre el actuador en función de la diferencia entre la energía ( $\partial\Phi (i,x)/i.dx$ ) mecánica elemental y la variación de energía (1/2 mv2) cinética con respecto al tiempo de la armadura (12) móvil, entre la posición abierta y la posición cerrada, la velocidad (v) obtenida como derivada de la posición (x) con respecto al tiempo; haciendo los medios (21) de mando conectados a los medios de control autoadaptativos variar la intensidad de la corriente (I) de mando para la bobina (3) en función de dicho esfuerzo (F) mecánico.
- 35       2. Actuador electromagnético de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la correlación entre dicha posición (x) de la armadura (12) móvil, la inductancia (H) de la bobina (3) y la corriente (i) eléctrica instantánea que circula en dicha bobina se representa a partir de un planteamiento de ecuaciones específicas.
3. Actuador electromagnético de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la correlación entre dicha posición (x) de la armadura (12) móvil, la inductancia (H) de la bobina (3) y la corriente (i) eléctrica instantánea que circula en la bobina se representa a partir de una curva (10) de superficie que da un entrehierro (E) del actuador electromagnético en función de la inductancia (H) de la bobina (3) de excitación y de la corriente (i) eléctrica instantánea que circula en dicha bobina.
- 40       4. Actuador electromagnético de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la unidad (2) de tratamiento incluye unos medios (22) de memorización que memorizan la curva (10) de superficie en forma de una o varias ecuaciones.
- 45       5. Actuador electromagnético de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la unidad (2) de tratamiento incluye unos medios (22) de memorización que memorizan la curva (10) de superficie en forma de una tabla de datos que contiene una multitud de valores del entrehierro (E) del actuador, de la inductancia (H) o del flujo (0) de la bobina de excitación y de la corriente (i) eléctrica instantánea.
- 50       6. Actuador electromagnético de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la culata (11) fija incluye un eje (X) longitudinal, estando la armadura (12) móvil montada con deslizamiento axial a lo largo del eje (X) longitudinal de dicha culata.
7. Actuador electromagnético de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la unidad (2) de tratamiento incluye unos medios (21) de mando conectados y controlados por los medios de control autoadaptativos de la unidad (2) de tratamiento para emitir y controlar la corriente (I) eléctrica de mando para la bobina (3) en función del esfuerzo (F) mecánico.
- 55       8. Actuador electromagnético de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** la unidad (2) de tratamiento incluye unos medios (21) de mando conectados y controlados por los medios de control autoadaptativos de la

unidad (2) de tratamiento para emitir y controlar la corriente (1) eléctrica de mando en función de la posición (x) calculada de la armadura (12) móvil con respecto a la culata (11) fija.

9. Procedimiento para determinar un esfuerzo (F) mecánico que se aplica sobre un actuador de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, procedimiento **caracterizado porque** consiste en:

- 5        - medir una resistencia (R) total de la bobina (3) de excitación a partir de una corriente (Iref) eléctrica de referencia y/o de una tensión (Uref) de referencia;
- determinar una variación de flujo (Φ) en la bobina (3) de excitación, a partir de una medición de la tensión (u) instantánea y de la corriente (i) eléctrica instantánea que circula en dicha bobina;
- 10       - determinar una variación de inductancia (H) en la bobina (3) de excitación, a partir de una medición de variación de flujo (Φ);
- determinar la posición (x) de la armadura (12) móvil con respecto a la culata (11) fija, determinándose a partir de una correlación entre dicha posición (x), la inductancia (H) y la corriente (i) eléctrica instantánea en la bobina (3) de excitación;
- 15       - determinar una energía (R.i2.dt) térmica elemental en función de la resistencia (R) total de la bobina de excitación y de la corriente (i) eléctrica instantánea;
- determinar una energía (u.i.dt) eléctrica elemental en función de la tensión (u) instantánea y de la corriente (i) eléctrica instantánea;
- determinar una energía electromagnética elemental igual a la diferencia entre la energía (u.i.dt) eléctrica instantánea y la energía (R.i2.dt) térmica instantánea;
- 20       - determinar una energía mecánica elemental

$$\left( \frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} i dx \right)$$

igual a la diferencia entre la energía electromagnética elemental y una energía magnética elemental;

- siendo la energía magnética elemental

$$\left( \frac{\partial \phi(i, x)}{\partial i} i di \right)$$

- 25       una función ∂i de la derivada parcial del flujo con respecto a la corriente (i) instantánea;
- determinar la velocidad (v) de la armadura (12) móvil como derivada de la posición (x) con respecto al tiempo;
- determinar un esfuerzo (F) mecánico que se aplica sobre el actuador en función de la diferencia entre la energía mecánica elemental

$$\left( \frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} i dx \right)$$

- 30       y la variación de energía (1/2 mv2) cinética con respecto al tiempo de la armadura (12) móvil entre la posición abierta y la posición cerrada;
- hacer variar la intensidad de la corriente (I) de mando para la bobina (3) de excitación en función de dicho esfuerzo (F) mecánico.

35       10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** la correlación entre dicha posición (x) de la armadura (12) móvil, el flujo (Φ) o la inductancia (H) de la bobina (3) y la corriente (i) eléctrica instantánea que circula en dicha bobina se representa a partir de un planteamiento de ecuaciones específicas.

40       11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** la correlación entre dicha posición (x) de la armadura (12) móvil, el flujo (Φ) o la inductancia (H) de la bobina (3) se representa a partir de una curva (10) de superficie que da un entrehierro (E) del actuador electromagnético en función del flujo (Φ) o la inductancia (H) de la bobina (3) y de la corriente (i) eléctrica instantánea que circula en dicha bobina.

45       12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** la curva (10) de superficie se memoriza en unos medios (22) de memorización en forma de una tabla de datos que contiene una multitud de valores del entrehierro (E) del actuador, de la inductancia (H) o del flujo de la bobina (3) y de la corriente (i) eléctrica instantánea que circula en dicha bobina.



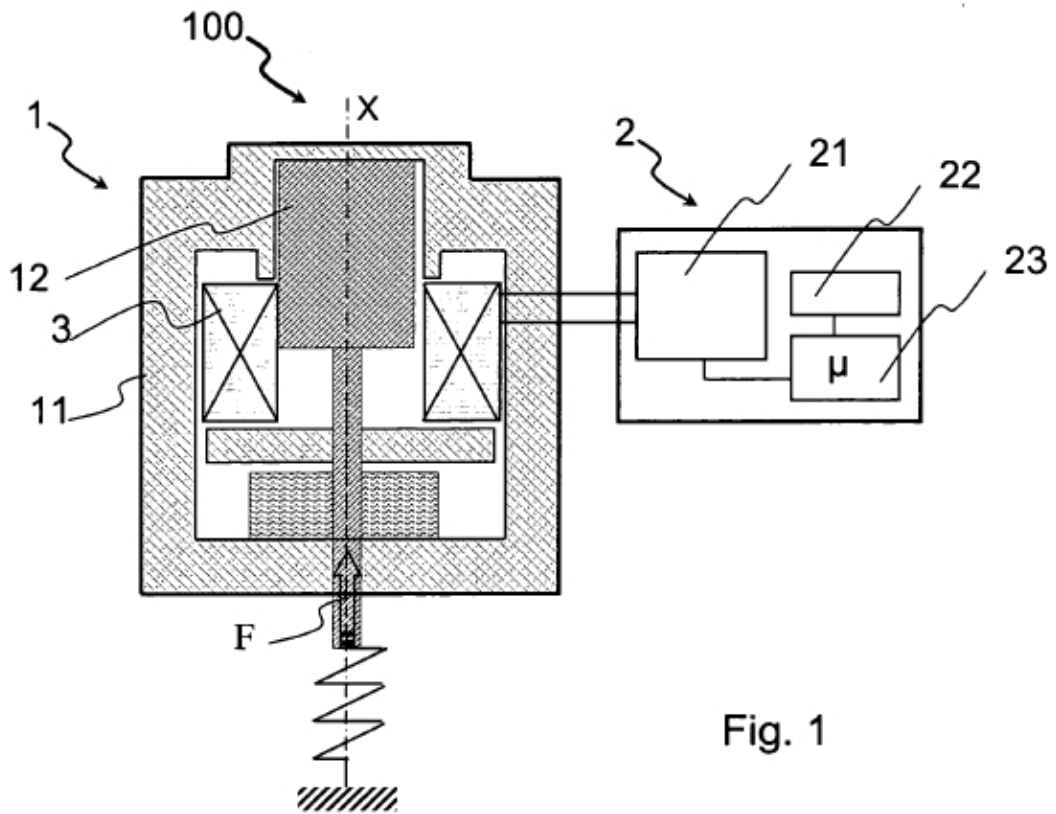


Fig. 1

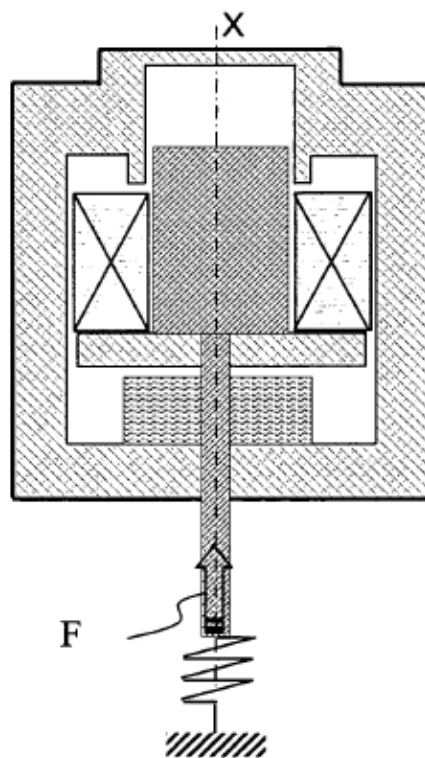


Fig. 2

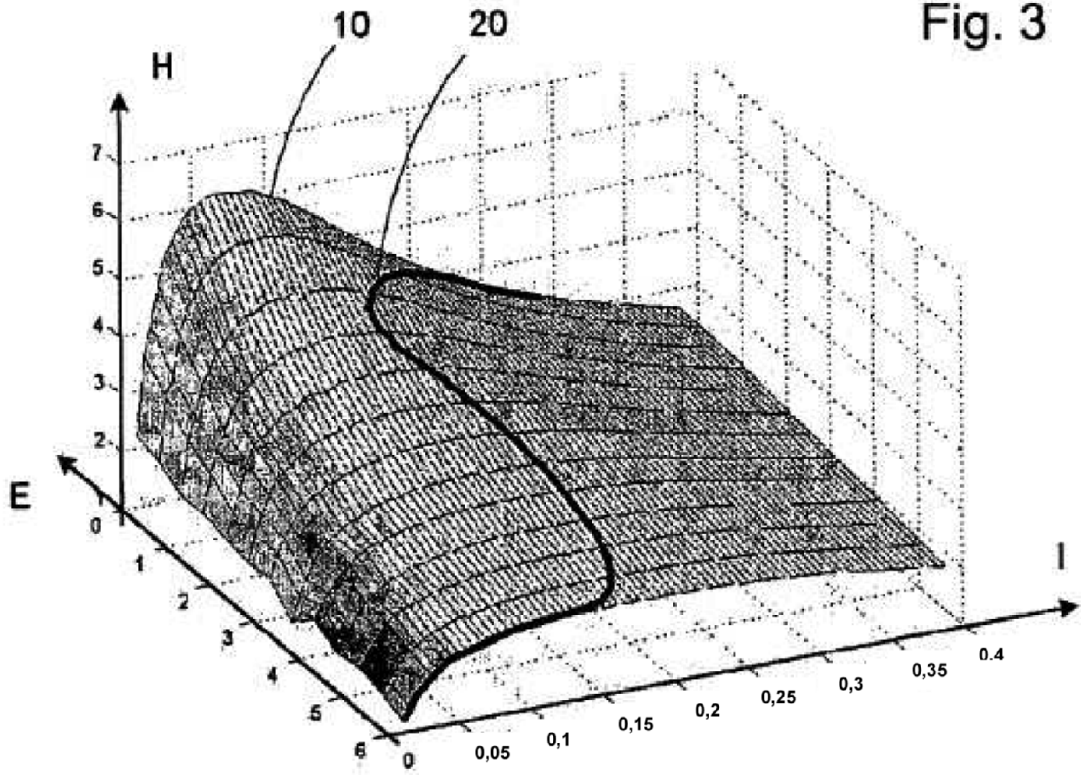


Fig. 3