



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.01.2010 Bulletin 2010/04

(51) Int Cl.:
H01F 7/18 (2006.01) **H01H 47/00 (2006.01)**
H01F 7/13 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09354029.2**

(22) Date de dépôt: **29.06.2009**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA RS

(30) Priorité: **24.07.2008 FR 0804214**

(71) Demandeur: **Schneider Electric Industries SAS**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeurs:
• **Follic, Stéphane**
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)

• **Delbaere, Stéphane**
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)
• **Lauraire, Michel**
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)

(74) Mandataire: **Picard, Laurent et al**
Schneider Electric Industries SAS
World Trade Center
38EE1 / Service Propriété Industrielle
5 Place Robert Schuman
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)

(54) **Actionneur électromagnétique comportant des moyens de controle de fonctionnement autoadaptatifs et procédé utilisant un tel actionneur.**

(57) Actionneur électromagnétique ayant une unité de traitement (2) destinée à agir sur des moyens commande (21) en fonction d'un effort mécanique (F) s'appliquant sur ledit actionneur. L'actionneur comprenant une armature mobile (12) montée à l'intérieur d'une culasse fixe (11), une bobine d'excitation (3), des moyens pour déterminer une variation de flux (Φ) dans la bobine (3), des moyens pour déterminer la position (x) de l'armature (12) par rapport à la culasse (11). L'unité de traitement comporte des moyens de contrôle autoadaptatifs ayant des moyens de mesure d'une résistance totale (R) de la bobine (3), des moyens pour déterminer une énergie thermique élémentaire ($R \cdot i^2 \cdot dt$), des moyens pour déterminer une énergie électrique élémentaire ($u \cdot i \cdot dt$), des moyens pour déterminer une énergie électromagnétique élémentaire égale à la différence entre l'énergie électrique instantanée et l'énergie thermique instantanée, des moyens pour déterminer une énergie mécanique élémentaire

tion d'énergie cinétique ($\frac{1}{2}mv^2$) de l'armature mobile

(12). Les moyens de commande (21) font varier l'intensité du courant (1) dans la bobine (3) en fonction dudit effort mécanique (F).

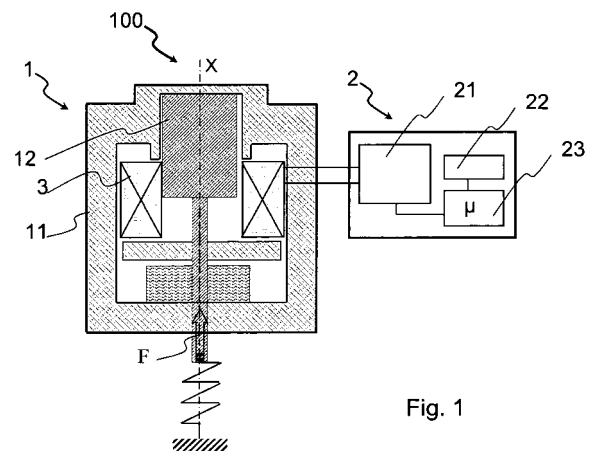


Fig. 1

mentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} \cdot i \cdot dx$), des moyens pour détermi-

ner un effort mécanique (F) en fonction de l'énergie mé-

canique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} \cdot i \cdot dx$) et d'une varia-

Description

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 **[0001]** L'invention est relative à un actionneur électromagnétique ayant une unité de traitement destinée à agir sur des moyens commande en fonction d'un effort mécanique s'appliquant sur ledit actionneur. Ledit actionneur comprenant une armature mobile montée à l'intérieur d'une culasse fixe magnétique, ladite armature mobile étant mobile entre une position ouverte et une position fermée. Au moins une bobine d'excitation est reliée aux moyens commande. Ladite

10 unité de traitement comporte des moyens pour déterminer une variation de flux dans la bobine d'excitation, à partir d'une mesure de la tension et du courant circulant dans ladite bobine. Ladite unité de traitement comporte en outre des moyens pour déterminer la position de l'armature mobile par rapport à la culasse fixe, détermination à partir d'une corrélation entre ladite position, le flux et le courant dans la bobine d'excitation.

[0002] L'invention est aussi relative à un procédé pour déterminer un effort mécanique s'appliquant sur un actionneur selon l'invention.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

[0003] Le fonctionnement d'un actionneur électromagnétique est lié à ses conditions d'utilisation. Certaines conditions externes dépendent notamment de la nature et/ou du nombre d'appareillages à actionner et/ou des conditions de

20 température dans lesquelles l'actionneur est utilisé et/ou de la plage de tension d'alimentation dudit actionneur. D'autres conditions internes dépendent notamment de l'état de vieillissement de l'actionneur.

[0004] Les conditions de fonctionnement des actionneurs électromagnétiques pouvant changer en cours d'utilisation, la garantie d'un fonctionnement optimal demande une connaissance de certains paramètres de fonctionnement. Par exemple, il peut être utile de connaître les vitesses de fermeture et/ou d'ouverture. Une connaissance de la position

25 et/ou de la vitesse de l'armature mobile permet alors d'adapter la valeur du courant électrique dans la bobine d'excitation pour minimiser les forces d'impact des parties mobiles contre les parties fixes et/ou pour optimiser la quantité de courant électrique consommé pendant la phase de fermeture ou la phase de maintien.

[0005] Certaines solutions consistent à utiliser des capteurs additionnels permettant de connaître les valeurs des paramètres de fonctionnement de l'actionneur. Par exemple, certaines solutions utilisent des capteurs de position et/ou

30 de vitesse. Cependant, l'utilisation de capteur est parfois complexe compte tenu du peu de place disponible et d'un environnement plus ou moins hostile lié par exemple à des températures élevées.

[0006] Le document FR2745913 décrit une méthode de mesure de la position d'un noyau mobile d'un électroaimant sans l'utilisation de capteur additionnel. La mesure de la position est réalisée à partir de la mesure de la tension et du courant circulant dans la bobine d'excitation de cet électroaimant. Cependant, dans cette méthode, on fait l'hypothèse

35 que l'inductance du circuit magnétique est constante lorsque le circuit magnétique est en position ouverte et en position fermée, c'est-à-dire que l'on fait notamment l'hypothèse que le circuit magnétique est saturé en position fermée. Or, dans beaucoup d'appareils interrupteurs de type contacteur ou contacteur-disjoncteur, le circuit magnétique n'est pas complètement saturé en position fermée, de façon à utiliser pleinement les performances du circuit magnétique. Ainsi, l'inductance en position fermée n'est pas constante mais varie largement en fonction du courant circulant dans la bobine

40 d'excitation. C'est pourquoi, une telle méthode n'est alors pas adaptée.

[0007] D'autres solutions telles que décrites dans les documents FR2835061, US5424637, décrivent aussi des procédés de mesure de la position de l'armature mobile d'un électroaimant sans l'utilisation de capteur additionnel. Ces solutions utilisent la mesure de la tension et du courant électrique dans la bobine d'excitation pour déterminer la position de l'armature mobile. Cependant, ces solutions n'autorisent pas la mesure ou l'évaluation d'autres paramètres de fonctionnement tels que la nature de la charge mécanique et les interactions dynamique appliquée à l'actionneur.

45

EXPOSE DE L'INVENTION

[0008] L'invention vise donc à remédier aux inconvénients de l'état de la technique, de manière à proposer un actionneur électromagnétique comportant des moyens de contrôle autoadaptatifs agissant sur les moyens de commande dudit actionneur en fonction d'un effort mécanique s'appliquant sur l'actionneur.

50

[0009] L'unité de traitement de actionneur électromagnétique selon l'invention comporte des moyens de contrôle autoadaptatifs ayant des moyens de mesure d'une résistance totale de la bobine d'excitation à partir d'un courant électrique de référence et / ou d'une tension de référence. Les moyens de contrôle autoadaptatifs comportent des

55 moyens pour déterminer une énergie thermique élémentaire en fonction de la résistance totale de la bobine d'excitation et du courant électrique instantané. Des moyens déterminent une énergie électrique élémentaire en fonction de la tension instantanée et du courant électrique instantané. Des moyens déterminent une énergie électromagnétique élémentaire égale à la différence entre l'énergie électrique instantanée et l'énergie thermique instantanée. Des moyens

déterminent une énergie mécanique élémentaire égale à la différence entre l'énergie électromagnétique élémentaire et une énergie magnétique élémentaire, l'énergie magnétique élémentaire étant fonction de la dérivée partielle du flux par rapport au courant instantané. Des moyens déterminent un effort mécanique s'appliquant sur l'actionneur en fonction de l'énergie mécanique élémentaire et d'une variation d'énergie cinétique de l'armature mobile entre la position ouverte et la position fermée. Les moyens de commande étant reliés aux moyens de contrôle autoadaptatifs, font varier l'intensité du courant dans la bobine en fonction dudit effort mécanique.

[0010] Selon un mode développement de l'invention, la corrélation entre ladite position de l'armature mobile, le flux ou l'inductance de la bobine et le courant circulant dans ladite bobine est représentée à partir d'une mise en équations spécifiques.

[0011] Selon un mode développement de l'invention, la corrélation entre ladite position de l'armature mobile, le flux ou l'inductance de la bobine et le courant circulant dans la bobine est représentée à partir d'une courbe de surface donnant un entrefer de l'actionneur électromagnétique en fonction du flux ou l'inductance de la bobine d'excitation et du courant circulant dans ladite bobine.

[0012] Avantageusement, l'unité de traitement comporte des moyens de mémorisation mémorisant la courbe de surface sous forme d'une ou plusieurs équations.

[0013] Avantageusement, l'unité de traitement comporte des moyens de mémorisation mémorisant la courbe de surface sous forme d'un tableau de données contenant une pluralité de valeurs de l'entrefer de l'actionneur, de l'inductance ou du flux de la bobine d'excitation et du courant.

[0014] De préférence, la culasse fixe comporte un axe longitudinal, l'armature mobile étant montée à coulissement axial selon l'axe longitudinal de ladite culasse.

[0015] Dans un mode de réalisation, l'unité de traitement comporte des moyens de commande reliés et pilotés par les moyens de contrôle auto-adaptatifs de l'unité de traitement pour délivrer et asservir le courant électrique circulant dans la bobine à fonction de l'effort mécanique.

[0016] Avantageusement, les moyens de commande délivrent et asservissent le courant électrique circulant dans la bobine d'excitation en fonction de la position calculée de l'armature mobile par rapport à la culasse fixe.

[0017] Le procédé selon l'invention pour déterminer un effort mécanique s'appliquant sur un actionneur tel que défini ci-dessus, consiste à mesurer une résistance totale de la bobine d'excitation à partir d'un courant électrique de référence et / ou d'une tension de référence, déterminer une énergie thermique élémentaire en fonction de la résistance totale de la bobine d'excitation et du courant électrique instantané, Le procédé consiste en outre à déterminer une énergie électrique élémentaire en fonction de la tension instantanée et du courant électrique instantané et déterminer une énergie électromagnétique élémentaire égale à la différence entre la énergie électrique instantanée et la énergie thermique instantanée. Le procédé détermine une énergie mécanique élémentaire égale à la différence entre l'énergie électromagnétique élémentaire et une énergie magnétique élémentaire, l'énergie magnétique élémentaire étant fonction de la dérivée partielle du flux par rapport au courant instantané. Enfin, le procédé détermine un effort mécanique s'appliquant sur l'actionneur en fonction de l'énergie mécanique élémentaire et d'une variation d'énergie cinétique de l'armature mobile entre la position ouverte et la position fermée et fait varier l'intensité du courant dans la bobine d'excitation en fonction dudit effort mécanique.

[0018] Selon un mode développement de l'invention, la corrélation entre ladite position de l'armature mobile, le flux ou l'inductance de la bobine et le courant circulant dans ladite bobine est représentée à partir d'une mise en équations spécifiques.

[0019] Selon un mode développement de l'invention, la corrélation entre ladite position de l'armature mobile, le flux ou l'inductance de la bobine est représentée à partir d'une courbe de surface donnant un entrefer de l'actionneur électromagnétique en fonction du flux ou l'inductance de la bobine et du courant (I) circulant dans ladite bobine.

[0020] Avantageusement, la courbe de surface est mémorisée dans des moyens de mémorisation sous forme d'un tableau de données contenant une pluralité de valeurs de l'entrefer de l'actionneur, de l'inductance ou du flux de la bobine et du courant circulant dans ladite bobine.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0021] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et représentés aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 représente un schéma d'un actionneur électromagnétique en position ouverte selon un mode de réalisation de l'invention ;

la figure 2 représente un schéma d'un actionneur électromagnétique en position fermée selon la figure 1 ;

la figure 3 représente une courbe de surface représentant un entrefer d'un actionneur électromagnétique en fonction de l'inductance de la bobine dudit actionneur et du courant circulant dans la bobine.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

[0022] Selon un premier mode préférentiel de réalisation, l'actionneur électromagnétique 100 comporte un circuit magnétique 1 ayant une culasse fixe 11 et une armature mobile 12. L'armature mobile 12 est montée dans la culasse fixe 11. L'armature mobile 12 et la culasse fixe 11 forment ainsi un circuit magnétique déformable présentant un entrefer variable. Ladite armature mobile 12 est mobile entre une position ouverte K1 et une position fermée K2.

[0023] La position fermée K2 telle que représentée sur la figure 2 correspond habituellement au minimum de l'entrefer E existant entre l'armature mobile 12 et la culasse fixe 11 et la position ouverte correspond au maximum de l'entrefer E.

[0024] Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 2 et 3, la culasse fixe 11 comporte un axe longitudinal X. L'armature mobile 12 est montée à coulissement axial selon un axe longitudinal X de ladite culasse fixe 11.

[0025] L'actionneur électromagnétique comporte également une bobine d'excitation 3 dans laquelle peut circuler un courant d'excitation I. La bobine d'excitation 3 est destinée à créer alors un champ magnétique entraînant un déplacement de l'armature mobile 12. La bobine 3 est reliée à des moyens de commande 21 d'une unité de traitement 2. La bobine est alimentée soit en courant continu, soit en courant alternatif par lesdits moyens de commande 21.

[0026] Selon premier mode particulier de réalisation, l'actionneur électromagnétique peut être monostable. Le mouvement inverse d'ouverture de l'armature mobile 12 est alors engendré par un système de rappel, tel qu'un ressort de rappel, non représenté.

[0027] Selon second mode particulier de réalisation, l'actionneur électromagnétique peut être bistable. Le mouvement d'ouverture de l'armature mobile 12 est alors engendré par le passage d'un courant d'excitation inverse dans la bobine d'excitation.

[0028] A titre d'exemple, l'actionneur électromagnétique est destiné à la commande d'un appareil de type contacteur ou contacteur-disjoncteur. Il peut permettre de commuter une charge électrique à commander, tel qu'un moteur électrique. Il possède de façon connue un ou plusieurs pôles de puissance ayant chacun un ou plusieurs contacts fixes coopérant avec un ou plusieurs contacts mobiles pour effectuer cette commutation. L'armature mobile 12 coopère ainsi mécaniquement avec les contacts mobiles, non représentés.

[0029] L'actionneur électromagnétique comporte une unité de traitement 2. Cette unité de traitement 2 comporte notamment un microcontrôleur ou un microprocesseur 23 implantée dans un circuit intégré. Ladite unité de traitement 2 comporte aussi des moyens de mémorisation internes 22 reliés au microcontrôleur ou un microprocesseur 23. Les moyens de mémorisation 22 sont constitués par exemple d'une mémoire non-volatile de type EEPROM

[0030] L'unité de traitement 2 de l'actionneur électromagnétique comporte également des premiers moyens de mesure de la tension U aux bornes de la bobine d'excitation et des seconds moyens de mesure de l'intensité du courant I d'excitation circulant dans la bobine. Ces premier et second moyens de mesure génèrent des signaux représentatifs respectivement de la tension U et du courant I qui sont reçus par l'unité de traitement, après numérisation et échantillonnage. A partir des valeurs mesurées de la tension U et du courant I, l'unité de traitement calcule à tout instant le flux magnétique Φ de la bobine d'excitation 3, grâce à une première l'équation (1) :

$$(1) \quad U = RI - N \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

dans laquelle R représente la résistance électrique totale de la bobine d'excitation, incluant la résistance interne de la bobine et la résistance de mesure d'un shunt de mesure du courant circulant dans ladite bobine ; N étant égal au nombre de spires de la bobine d'excitation 3.

[0031] Simultanément, l'inductance H de la bobine d'excitation 3 peut être calculée grâce à une seconde équation (2) :

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

[0032] La première équation (1) peut ainsi s'écrire de la forme d'une troisième équation :

$$(3) \quad U = RI + H \cdot \frac{dI}{dt} + I \cdot \frac{dH}{dt}$$

5

[0033] Les première et troisième équations (1) (3) prennent en compte les pertes du champ magnétique dans l'actionneur. La résistance électrique totale R de la bobine 3 d'excitation est déterminée par des moyens de mesure de l'unité de traitement 2. Une tension de référence Uref est appliquée à la bobine d'excitation 3. La résistance de mesure permet de connaître le courant associé et ainsi de déterminer la résistance électrique totale R. La résistance électrique totale R est principalement modifiée par la température de la bobine. Le shunt de mesure doit être stable et précis.

10

[0034] L'inductance H dépend également des caractéristiques intrinsèques du circuit magnétique 1 ainsi que de l'entrefer E variable existant entre l'armature mobile 12 et la culasse fixe 11. Ces caractéristiques intrinsèques dépendent notamment de la forme ou l'architecture de l'actionneur électromagnétique. Ainsi, pour un actionneur électromagnétique donné, l'inductance H est alors fonction de l'entrefer E. Ces caractéristiques intrinsèques dépendent aussi des paramètres magnétiques liés notamment aux matériaux utilisés. Etant donné que le circuit magnétique 1 n'est pas complètement saturé en position fermée, l'inductance H varie également largement en fonction du courant I circulant dans la bobine d'excitation.

15

[0035] Selon un mode de développement de l'invention, L'unité de traitement 2 de l'actionneur électromagnétique comporte des moyens pour déterminer la position de l'armature mobile 12 par rapport à la culasse fixe 11, à partir d'une courbe de surface 10.

20

[0036] La courbe de surface 10 à trois dimensions telle que représentée à titre d'exemple sur la figure 3, donne la valeur de l'entrefer E de l'actionneur électromagnétique en fonction de l'inductance H de la bobine d'excitation 3 et du courant I circulant dans ladite bobine 3. A titre d'exemple, ladite courbe de surface 10 correspond à un appareil interrupteur de type contacteur. Le courant I est exprimé en ampères, l'inductance H est exprimée en henrys et l'entrefer E est exprimé en millimètres. L'entrefer varie entre une valeur maximale d'environ six millimètres dans cet exemple, correspondant à la position ouverte K1 de l'armature mobile 12, et une valeur minimale nulle, correspondant à la position fermée K2 de l'armature mobile 12. D'après la courbe de surface 10 que, on observe une influence importante de la saturation du matériau quand l'électroaimant est en position fermée. En effet, l'inductance H varie sensiblement en fonction du courant I circulant dans la bobine d'excitation 3. Inversement, en position ouverte, l'inductance H est quasiment constante en fonction du courant I dans la bobine 3. Une courbe de même type, non représentée, peut être obtenue pour le mouvement d'ouverture.

25

30

[0037] Les valeurs permettant de constituer la courbe de surface 10 dépendent des caractéristiques intrinsèques de l'actionneur et doivent donc être déterminées au préalable pour chaque type d'actionneur. Ainsi, la courbe de surface 10 est stockée dans des moyens de mémorisation une seule fois, préférentiellement lors de la fabrication de l'actionneur électromagnétique. La courbe de surface 10 peut être mémorisée dans les moyens de mémorisation 22 sous la forme d'un tableau de données comportant une pluralité de points, chaque point étant déterminé par une valeur du courant I et une valeur de l'inductance H auxquelles correspond une valeur représentant l'entrefer E de l'actionneur électromagnétique. Ce tableau de données est utilisé par l'unité de traitement 2 comme un abaque, c'est-à-dire que, après avoir reçu les signaux représentatifs du courant I et de la tension U, puis calculé l'inductance H au moyen de la seconde équation 2 indiquée précédemment, l'unité de traitement détermine, pour chaque couple de valeurs de l'inductance H et du courant I, une valeur correspondante de l'entrefer E mémorisée dans le tableau de données.

35

40

[0038] Si le traitement d'un tableau de données ralentit trop le fonctionnement de l'unité de traitement 2 alors la courbe de surface 10 peut être mémorisée sous la forme d'une ou plusieurs équations de surface calculant l'entrefer E de l'actionneur électromagnétique en fonction de l'inductance H de la bobine de l'électroaimant et du courant I circulant dans la bobine. Il est possible que plusieurs équations de surface soient nécessaires pour couvrir complètement la courbe de surface 10, chaque équation n'étant alors valide que sur une zone délimitée de la courbe de surface 10.

45

[0039] Lorsque l'entrefer E est déterminé, l'unité de traitement 2 peut instantanément en déduire la valeur de la position de l'armature mobile 12 par rapport à la culasse fixe 11. En outre, l'unité de traitement 2 peut aussi calculer la vitesse instantanée de l'armature mobile. Ladite vitesse est égale à dérivée de la valeur de la position de la dite armature par

50

rapport au temps t. Connaissant la masse m de l'armature mobile, l'énergie cinétique $\frac{1}{2}mv^2$ de l'armature mobile est alors calculée. La masse de l'armature mobile est une donnée physique directement liée à la construction de l'actionneur.

55

[0040] L'ensemble de ces caractéristiques est décrit dans le brevet de la demanderesse FR2835061 qui est cité ici à titre de référence.

[0041] Selon un mode préférentiel de réalisation de l'invention, l'unité de traitement 2 de l'actionneur électromagnétique

comporte des moyens de contrôle auto adaptatifs aptes à déterminer un effort mécanique F s'appliquant sur l'actionneur électromagnétique. La détermination de l'effort mécanique F s'effectue sans l'aide de capteurs supplémentaires. Lesdits moyens autoadaptatifs comprennent des moyens pour déterminer une énergie thermique élémentaire ($R.i^2.dt$) en fonction de la résistance électrique totale R du circuit d'excitation et du courant électrique instantané i.

[0042] En outre, les moyens autoadaptatifs comprennent des moyens pour déterminer une énergie électrique élémentaire ($u.i.dt$) en fonction de la tension instantanée u et du courant électrique instantané i et des moyens pour déterminer une énergie électromagnétique élémentaire de l'actionneur électromagnétique. Ladite énergie est égale à la différence entre l'énergie électrique élémentaire ($u.i.dt$) et l'énergie thermique élémentaire ($R.i^2.dt$).

[0043] Les moyens autoadaptatifs comprennent aussi des moyens pour déterminer une énergie mécanique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} . i . dx$). Ladite énergie est égale à la différence entre l'énergie électromagnétique élémentaire et l'énergie

magnétique élémentaire. L'énergie magnétique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial i} . i . di$) est fonction de la dérivée partielle

du flux $\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial i}$ par rapport au courant électrique instantané (i) et de la position x précédemment calculée.

[0044] Les moyens autoadaptatifs comprennent des moyens pour déterminer l'effort mécanique F qui s'applique sur l'actionneur. Cet effort est fonction de l'énergie mécanique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} . i . dx$) et d'une variation d'énergie

cinétique ($\frac{1}{2} mv^2$) de l'armature mobile 12 entre la position ouverte K1 et la position fermée k2. L'effort F se calcule grâce à une quatrième l'équation (4) :

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

[0045] Une première application de l'invention consiste à effectuer le pilotage de l'actionneur à partir de la connaissance de la position de l'armature mobile 12 et de l'effort mécanique F s'appliquant sur l'actionneur.

[0046] Selon l'invention, l'unité de traitement 2 est capable d'asservir l'intensité du courant I circulant dans la bobine d'excitation 3 à partir de la position de l'armature mobile et/ou de l'effort F. Les moyens de commande 21 étant reliés et pilotés par les moyens de contrôle autoadaptatifs peuvent délivrer et asservir le courant électrique I circulant dans la bobine d'excitation 3 à fonction de l'effort mécanique F. Cet asservissement permet notamment de réduire l'intensité du courant dans une zone correspondant à l'impact des contacts mobiles sur les contacts fixes des pôles de l'appareil interrupteur. Cet asservissement est d'autant plus intéressant que l'actionneur électromagnétique est bistable puisqu'il est alors possible de piloter l'électroaimant durant les mouvements de fermeture et d'ouverture. En outre, les moyens de commande délivrent et asservissent le courant électrique I circulant dans la bobine d'excitation 3 en fonction de la position x calculée de l'armature mobile 12 par rapport à la culasse fixe 11.

Revendications

1. Actionneur électromagnétique (100) ayant une unité de traitement (2) destinée à agir sur des moyens commande (21) en fonction d'un effort mécanique (F) s'appliquant sur ledit actionneur, actionneur comprenant :

- une armature mobile (12) montée à l'intérieur d'une culasse fixe (11) magnétique, ladite armature mobile (12) étant mobile entre une position ouverte (K1) et une position fermée (K2),
- au moins une bobine d'excitation (3) reliée aux moyens commande (21),
- ladite unité de traitement (2) ayant :

- des moyens pour déterminer une variation de flux (Φ) dans la bobine d'excitation (3), à partir d'une mesure

de la tension (U) et du courant (I) circulant dans ladite bobine,

- des moyens pour déterminer la position (x) de l'armature mobile (12) par rapport à la culasse fixe (11),
détermination à partir d'une corrélation entre ladite position (x), le flux (ϕ) et le courant (I) dans la bobine
d'excitation (3),

actionneur, **caractérisé en ce que** l'unité de traitement comporte des moyens de contrôle autoadaptatifs
ayant :

- des moyens de mesure d'une résistance totale (R) de la bobine d'excitation (3) à partir d'un courant électrique
de référence (Iref) et / ou d'une tension de référence (Uref).

- des moyens pour déterminer une énergie thermique élémentaire ($R \cdot I^2 \cdot dt$) en fonction de la résistance totale
(R) de la bobine d'excitation et du courant électrique instantané (i),

- des moyens pour déterminer une énergie électrique élémentaire ($u \cdot i \cdot dt$) en fonction de la tension instantanée
(u) et du courant électrique instantané (i),

- des moyens pour déterminer une énergie électromagnétique élémentaire égale à la différence entre l'énergie
électrique instantanée ($u \cdot i \cdot dt$) et l'énergie thermique instantanée ($R \cdot I^2 \cdot dt$)

- des moyens pour déterminer une énergie mécanique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} \cdot i \cdot dx$) égale à la différence
entre l'énergie électromagnétique élémentaire et une énergie magnétique élémentaire,

- l'énergie magnétique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial i} \cdot i \cdot di$) étant fonction de la dérivée partielle du flux par rapport
au courant instantané (i),

- des moyens pour déterminer un effort mécanique (F) s'appliquant sur l'actionneur en fonction de l'énergie

mécanique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} \cdot i \cdot dx$) et d'une variation d'énergie cinétique ($\frac{1}{2} m v^2$) de l'armature

mobile (12) entre la position ouverte et la position fermée;

les moyens de commande (21) reliés aux moyens de contrôle autoadaptatifs faisant varier l'intensité du courant (I)
dans la bobine (3) en fonction dudit effort mécanique (F).

2. Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, **caractérisé que** la corrélation entre ladite position (x) de
l'armature mobile (12), le flux (ϕ) ou l'inductance (H) de la bobine (3) et le courant (I) circulant dans ladite bobine
est représentée à partir d'une mise en équations spécifiques.

3. Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, **caractérisé que** la corrélation entre ladite position (x) de
l'armature mobile (12), le flux (ϕ) ou l'inductance (H) de la bobine (3) et le courant (I) circulant dans la bobine est
représentée à partir d'une courbe de surface (10) donnant un entrefer (E) de l'actionneur électromagnétique en
fonction du flux (ϕ) ou l'inductance (H) de la bobine (3) d'excitation et du courant (I) circulant dans ladite bobine.

4. Actionneur électromagnétique selon la revendication 3, **caractérisé que** l'unité de traitement (2) comporte des
moyens de mémorisation (22) mémorisant la courbe de surface (10) sous forme d'une ou plusieurs équations.

5. Actionneur électromagnétique selon la revendication 3, **caractérisé que** l'unité de traitement (2) comporte des
moyens de mémorisation (22) mémorisant la courbe de surface (10) sous forme d'un tableau de données contenant
une pluralité de valeurs de l'entrefer (E) de l'actionneur, de l'inductance (H) ou du flux (ϕ) de la bobine d'excitation
et du courant (I).

6. Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé que** la culasse
fixe (11) comporte un axe longitudinal (X), l'armature mobile (12) mobile étant montée à coulissement axial selon
l'axe longitudinal (X) de ladite culasse.

7. Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
l'unité de traitement (2) comporte des moyens de commande (21) reliés et pilotés par les moyens de contrôle auto-

adaptatifs de l'unité de traitement (2) pour délivrer et asservir le courant électrique (I) circulant dans la bobine (3) à fonction de l'effort mécanique (F).

8. Actionneur électromagnétique selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'unité de traitement (2) comporte des moyens de commande (21) reliés et pilotés par les moyens de contrôle auto-adaptatifs de l'unité de traitement (2) pour délivrer et asservir le courant électrique (I) en fonction de la position (x) calculée de l'armature mobile (12) par rapport à la culasse fixe (11).

9. Procédé pour déterminer un effort mécanique (F) s'appliquant sur un actionneur selon les revendications 1 à 8, procédé **caractérisé en qu'il** consiste à:

- mesurer une résistance totale (R) de la bobine d'excitation (3) à partir d'un courant électrique de référence (Iref) et / ou d'une tension de référence (Uref),
- déterminer une énergie thermique élémentaire ($R \cdot I^2 \cdot dt$) en fonction de la résistance totale (R) de la bobine d'excitation et du courant électrique instantané (i),
- déterminer une énergie électrique élémentaire ($u \cdot i \cdot dt$) en fonction de la tension instantanée (u) et du courant électrique instantané (i),
- déterminer une énergie électromagnétique élémentaire égale à la différence entre la énergie électrique instantanée ($u \cdot i \cdot dt$) et la énergie thermique instantanée ($R \cdot I^2 \cdot dt$),

- déterminer une énergie mécanique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} \cdot i \cdot dx$) égale à la différence entre l'énergie électromagnétique élémentaire et une énergie magnétique élémentaire,

- l'énergie magnétique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial i} \cdot i \cdot di$) étant fonction de la dérivée partielle du flux par rapport au courant instantané (i),

- déterminer un effort mécanique (F) s'appliquant sur l'actionneur en fonction de l'énergie mécanique élémentaire ($\frac{\partial \phi(i, x)}{\partial x} \cdot i \cdot dx$) et d'une variation d'énergie cinétique ($\frac{1}{2} mv^2$) de l'armature mobile (12) entre la position

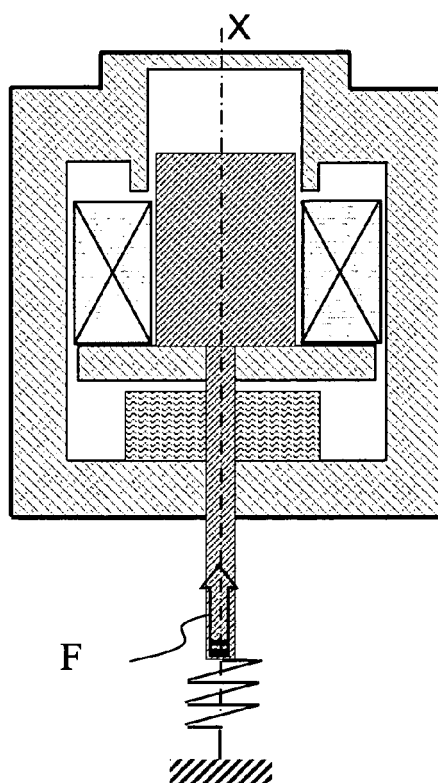
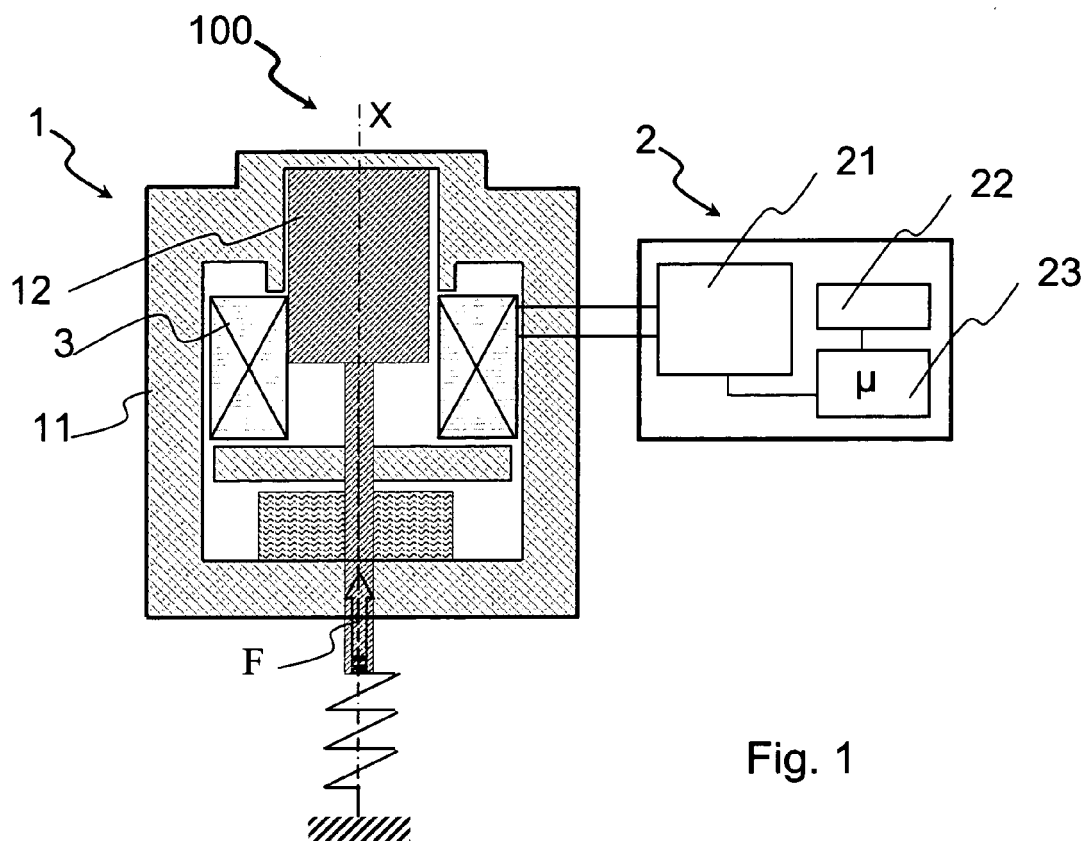
ouverte et la position fermée;

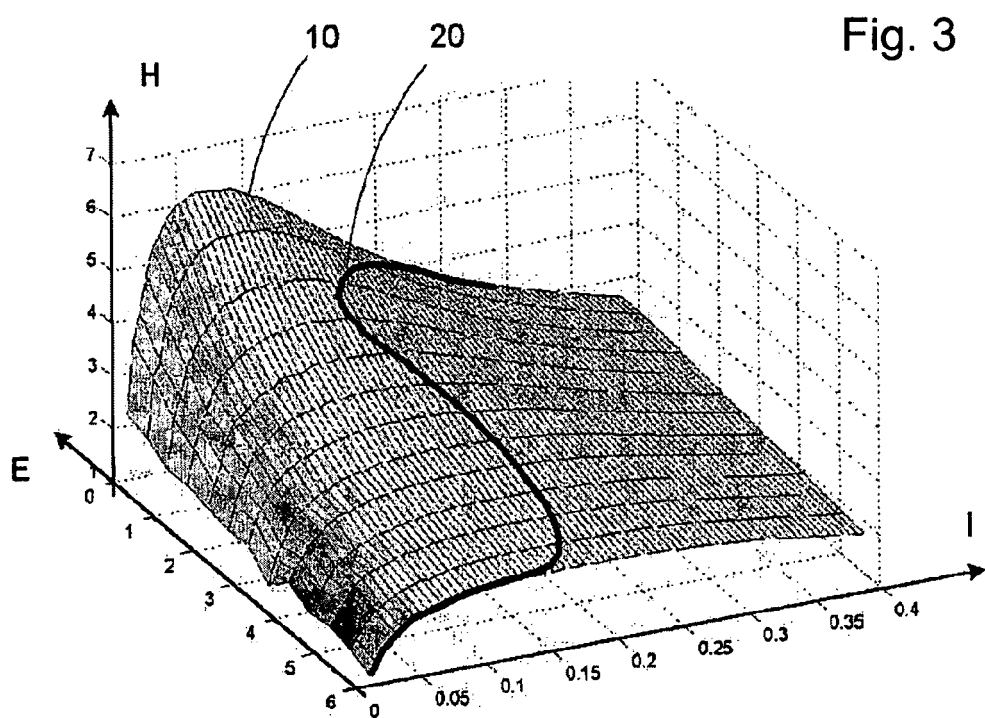
- faire varier l'intensité du courant (I) dans la bobine d'excitation (3) en fonction dudit effort mécanique (F).

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la corrélation entre ladite position (x) de l'armature mobile (12), le flux (ϕ) ou l'inductance (H) de la bobine (3) et le courant (I) circulant dans ladite bobine est représenté à partir d'une mise en équations spécifiques.

11. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la corrélation entre ladite position (x) de l'armature mobile (12), le flux (ϕ) ou l'inductance (H) de la bobine (3) est représentée à partir d'une courbe de surface (10) donnant un entrefer (E) de l'actionneur électromagnétique en fonction du flux (ϕ) ou l'inductance (H) de la bobine (3) et du courant (I) circulant dans ladite bobine.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la courbe de surface (10) est mémorisée dans des moyens de mémorisation (22) sous forme d'un tableau de données contenant une pluralité de valeurs de l'entrefer (E) de l'actionneur, de l'inductance (H) ou du flux de la bobine (3) et du courant (I) circulant dans ladite bobine.







RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 09 35 4029

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	DE 103 32 595 A1 (SIEMENS AG [DE]) 24 février 2005 (2005-02-24) * abrégé * * alinéas [0028], [0029]; figure 3 * * alinéas [0032] - [0034]; figure 5 * * alinéas [0043] - [0046]; figure 7 * * alinéa [0039]; figure 4 *	1-12	INV. H01F7/18 H01H47/00 ADD. H01F7/13
A	EP 1 271 570 A (MAGNETI MARELLI POWERTRAIN SPA [IT]) 2 janvier 2003 (2003-01-02) * abrégé *	1-12	
A,D	US 5 424 637 A (OUDYN MICHAEL K [US] ET AL) 13 juin 1995 (1995-06-13) * abrégé; figures 3,4,8,9 * * revendications 1,5 * * colonne 2, ligne 39 - colonne 4, ligne 45 * * colonne 6, ligne 29 - colonne 7, ligne 34 *	1-12	
A	DE 198 07 875 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH [DE]) 26 août 1999 (1999-08-26) * abrégé; figures 1,2 * * page 3, ligne 10-16 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01F H01H F01L F02D
A,D	FR 2 835 061 A (SCHNEIDER ELECTRIC IND SA [FR]) 25 juillet 2003 (2003-07-25) * abrégé; figure 1 *	1-12	
A	DE 100 33 923 A1 (LSP INNOVATIVE AUTOMOTIVE SYST [DE]) 24 janvier 2002 (2002-01-24) * abrégé; figures 1,4,5 * * alinéas [0013] - [0031] *	1-12	
3 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 5 octobre 2009	Examineur Reder, Michael
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 09 35 4029

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

05-10-2009

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10332595 A1	24-02-2005	CN 1830048 A EP 1647040 A1 WO 2005017933 A1	06-09-2006 19-04-2006 24-02-2005
EP 1271570 A	02-01-2003	BR 0202533 A DE 60223627 T2 ES 2296844 T3 IT B020010390 A1 US 2003052763 A1	01-04-2003 23-10-2008 01-05-2008 19-12-2002 20-03-2003
US 5424637 A	13-06-1995	AUCUN	
DE 19807875 A1	26-08-1999	JP 11329830 A US 6141201 A	30-11-1999 31-10-2000
FR 2835061 A	25-07-2003	AUCUN	
DE 10033923 A1	24-01-2002	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2745913 [0006]
- FR 2835061 [0007] [0040]
- US 5424637 A [0007]