(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 311 058 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
20.11.2013 Bulletin 2013/47

(21) Numéro de dépôt: **09794029.0**

(22) Date de dépôt: **01.07.2009**

(51) Int Cl.:
H01H 71/32 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2009/051280

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2010/004191 (14.01.2010 Gazette 2010/02)

(54) **ACTIONNEUR ELECTROMAGNETIQUE A DERIVATION DE FLUX**

ELEKTROMAGNETISCHES STELLGLIED MIT FLUSSUMLEITUNG

ELECTROMAGNETIC ACTUATOR WITH FLUX BY-PASS

(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

(30) Priorité: **08.07.2008 FR 0854626**

(43) Date de publication de la demande:
20.04.2011 Bulletin 2011/16

(73) Titulaire: **Hager-Electro SAS**
67210 Obernai (FR)

(72) Inventeurs:
- **JOYEUX, Patrice**
  F-67140 Heiligenstein (FR)
- **DEZILLE, Edouard**
  F-67210 Obernai (FR)

(74) Mandataire: **Littolff, Denis**
Meyer & Partenaires
Conseils en Propriété Industrielle
4, rue de Dublin
67300 Schiltigheim (FR)

(56) Documents cités:
DE-B- 1 274 731 **US-A1- 2004 027 775**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 311 058 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention concerne un actionneur électromagnétique à aimant permanent comportant classiquement une armature magnétique, au moins une palette mobile, un mécanisme à ressort et des moyens électriques comprenant au moins un conducteur dont les variations de courant permettent de faire varier le flux dans le circuit magnétique en vue de modifier l'équilibre entre la force magnétique et celle du ressort. Le document US 2004/0027775 décrit un dispositif selon le préambule de la revendication 1.

[0002] Le but de l'invention est de réaliser un actionneur à très haute sensibilité, c'est à dire fonctionnant avec une valeur minimale d'ampère/tours générant cependant au niveau d'au moins un entrefer une variation de flux suffisante pour contre balancer la force mécanique et provoquer le déplacement d'une palette.

[0003] L'idée à la base de l'invention est de travailler sur un schéma à dérivation de flux, la modification du flux au niveau de l'entrefer ou des entrefers étant obtenue indirectement du fait d'une configuration du circuit magnétique dans laquelle se produit un déséquilibre des réluctances magnétiques vues par l'aimant. Dans cette hypothèse, le ou les conducteurs aptes à générer du flux par passage du courant qui le(s) parcourt coopère(nt) avec une ou plusieurs portion (s) de l'armature qui est(sont) fermée(s), et ne comporte(nt) dès lors pas d'entrefer mais au moins une réluctance d'équilibre. Le flux produit a en revanche un effet visant à déséquilibrer lesdites réluctances vues par l'aimant, lequel compense le déséquilibre et permet de rompre - au niveau des entrefers concernés par les variations de flux - l'équilibre avec les forces mécaniques de rappel.

[0004] A cet effet, l'actionneur de l'invention, comportant plus précisément un aimant permanent, une armature ferromagnétique, une ou deux palette(s) créant au moins un entrefer avec l'armature et mobile(s) entre au moins une position d'ouverture et une position de fermeture, des moyens mécaniques de rappel de chaque palette en position d'ouverture et au moins un conducteur électrique apte à générer un flux magnétique dans l'armature, se caractérise à titre essentiel en ce que l'aimant, l'armature et les palettes sont agencés de sorte que l'aimant génère des flux dans deux circuits magnétiques en parallèle comportant chacun au moins une portion de l'armature, une branche commune comprenant l'aimant et une des deux palettes ou une fraction de la palette séparée de ladite portion d'armature par au moins un entrefer, le ou les conducteurs étant aptes à générer, dans au moins une boucle magnétique additionnelle fermée de l'armature comportant au moins une branche commune avec lesdits circuits en parallèle, un flux qui s'additionne au flux créé par l'aimant dans un des circuits et s'y soustrait dans l'autre.

[0005] Le principe de la structure de l'invention consiste à générer une forte variation de flux sur la ou les palettes avec un minimum d'ampères-tour dans une portion fermée du circuit magnétique global, grâce à la modification de l'équilibre des réluctances obtenue dans l'ensemble dudit circuit.

[0006] Selon une configuration possible, l'actionneur peut comporter une unique palette disposée sensiblement perpendiculairement à l'aimant ou à une branche de l'armature comprenant l'aimant, la boucle fermée de l'armature coopérant avec le ou les conducteurs étant alors disposée à l'opposée de la palette par rapport à l'aimant.

[0007] Plus précisément encore, la palette peut être constituée d'une poutrelle rectiligne rejoignant deux branches latérales de l'armature entourant une branche centrale comportant l'aimant, lesdites branches étant reliées entre elles par une portion de la boucle fermée de l'armature.

[0008] Alternativement la palette peut être en forme de U dont les jambages sont placés de part et d'autre de la branche centrale comportant l'aimant, leurs extrémités libres formant deux entrefers avec une portion de la boucle fermée de l'armature.

[0009] Selon l'invention, la boucle magnétique fermée peut soit comporter une bobine enroulée autour d'une partie de la boucle fermée de l'armature distincte des circuits magnétiques parallèles, soit entourer au moins deux conducteurs d'alimentation d'un circuit électrique.

[0010] La boucle fermée de l'armature peut évidemment prendre diverse forme, par exemple rectangulaire, d'allure circulaire etc.

[0011] Selon une alternative configurationnelle, l'actionneur de l'invention peut comporter deux palettes dont les extrémités forment des entrefers distincts avec les deux boucles magnétiques additionnelles fermées disposées aux deux extrémités de la branche commune de l'armature comportant l'aimant, lesdites boucles entourant au moins deux conducteurs d'alimentation d'un circuit électrique.

[0012] Diverses configurations sont alors possibles, par exemple avec une branche commune en V ou en U, l'aimant en formant la base, des palettes elles-mêmes rectilignes ou en U etc.

[0013] L'invention va à présent être décrite plus en détail, en référence à des exemples illustrés par les figures annexées, pour lesquelles :

La figure 1 représente schématiquement une première forme possible d'actionneur pour l'invention, avec une boucle fermée ;

La figure 2 montre le schéma électromagnétique équivalent à la structure de la figure 1 ;

La figure 3 montre une variante de la figure 1 dans laquelle la boucle fermée entoure deux conducteurs ;

La figure 4 illustre une possibilité de configuration en V pour une version à deux boucles fermées ; et
La figure 5 en montre une vue de côté.

[0014] En référence à la figure 1, l'armature 1 comporte une boucle 2 surmontée par deux branches latérales 3 et 4 au milieu desquelles se trouve un aimant permanent 5. Un palette rectiligne 6 joint les deux branches 3 et 4. La boucle 2 est dotée d'une bobine 7 entourant une de ses branches.

[0015] Le fonctionnement magnétique est expliqué en figure 2. Sans défaut électrique, l'aimant voit globalement deux branches de réluctances magnétiques en parallèle.

[0016] Il génère alors dans chaque branches un flux magnétique tel que :

$$Rpal1(phi1) \times phi1 + Rent1(phi1) \times phi1 + Rmat_haut(phi1+phi2) \times (phi1+phi2) + Rmat_bas(phi1+phi2) \times (phi1+phi2) + R1(phi1) \times phi1 =$$
$$Rpal2(phi2) \times phi2 + Rent2(phi2) \times phi2 + Rmat_haut(phi1+phi2) \times (phi1+phi2) + Rmat_bas(phi1+phi2) \times (phi1+phi2) + R2(phi2) \times phi2$$

[0017] Avec phi1+phi2=flux généré par l'aimant (aux fuites magnétiques près) Dans cette hypothèse, l'aimant équilibre la valeur des flux pour équilibrer la valeur des réluctances.

[0018] Les réluctances liées au matériau comme Rpal, R1 et R2 sont non linéaires et saturables. Les réluctances Rmat_haut et Rmat_bas peuvent représenter un entrefer et/ou un matériau magnétique saturable.

[0019] Les réluctances Rent1 et Rent2 représentent l'entrefer équivalent existant entre la palette et l'armature.

[0020] Lorsqu'un défaut électrique apparaît, la bobine génère un flux magnétique dans la boucle fermée Rbas, R1 et R2. Cela a pour effet de :

- Soit diminuer R2 et augmenter R1
- Soit diminuer R1 et augmenter R2

[0021] En effet, dans le cas ou le flux de la bobine est dans le sens de celle de la figure 2, on a la relation suivante:

$$Rpal1(phi1) \times phi1 + Rent1(phi1) \times phi1 + Rmat_haut(phi1+phi2) \times (phi1+phi2) + Rmat_bas(phi1+phi2) \times (phi1+phi2+phi_bob) + R1(phi1-phi_bob) \times (phi1-phi_bob) = Rpal2(phi2) \times phi2 + Rent2(phi2) \times phi2 + Rmat_haut(phi1+phi2) \times (phi1+phi2) + Rmat_bas(phi1+phi2) \times (phi1+phi2) + R2(phi2+phi_bob) \times (phi2+phi_bob)$$

[0022] Le flux de la bobine tend a diminuer R1(phi) x phi et à augmenter R2(phi) x phi. Vu par l'aimant, l'équilibre précédent est modifié. Il génère donc plus de flux magnétique d'un côté que de l'autre pour compenser ce déséquilibre (dans l'exemple, on aura phi1 qui va augmenter et phi2 qui va diminuer). Il se crée ainsi une variation de flux magnétique et donc de force magnétique sur les surfaces polaires.

[0023] La démonstration ci-dessus est effectuée pour un sens du courant. Elle peut également l'être pour l'autre.

[0024] L'avantage de cette solution réside dans le fait qu'avec peu d'ampères tour, la structure de l'invention génère une forte variation de flux sur la palette grâce à la modification de l'équilibre des réluctances.

[0025] Différents types de structure peuvent appliquer ce principe, dont notamment celles des figures suivantes. Ainsi, en figure 3, la boucle fermée 2' est d'allure circulaire, alors que la palette 6' est en U, intégrant les branches latérales 3' et 4'. Dans cette configuration, les conducteurs d'alimentation sont directement entourés par l'actionneur de l'invention qui regroupe à la fois le tore de détection du déséquilibre de courant, en l'espèce la boucle 2', et la partie « relais » constituée par la partie supérieure de la structure 1' de l'invention.

[0026] Les configurations 10, 10' des figures suivantes sont à deux boucles fermées, mais elles fonctionnent suivant le même principe. En figure 4, la branche commune 11 comporte un aimant 12 central et deux boucles 13, 13' d'extrémité. Deux palettes 14, 14' présente des surfaces polaires 15, 15' et 16, 16' faisant face à des côtés opposés 17, 17' et 18, 18' des boucles fermées 13, 13'. Deux conducteurs d'alimentation passent par lesdites boucles 13, 13'. Il s'agit des mêmes conducteurs dans les deux boucles 13, 13', car la structure est en V, la représentation est une vue de dessus. Une vue de côté en est montrée en figure 5.

[0027] Le fonctionnement est basé sur le même principe, les flux 21, 21' (en traits pointillés) créés dans les deux boucles 13, 13' s'additionnant au flux 22' (en trait plein) de l'un des circuits en parallèle et se soustrayant au flux 22 de l'autre.

Revendications

1. Actionneur électromagnétique à dérivation de flux comportant un aimant permanent (5), une armature ferromagnétique (1), une ou deux palette(s) (6) créant au moins un entrefer avec l'armature (1) et mobile(s) entre une position d'ouverture une position de fermeture, des moyens mécaniques de rappel de chaque palette (6) en position d'ouverture et au moins un conducteur électrique apte à générer un flux magnétique dans l'armature (1) l'aimant (5), l'armature (1) et les palettes (6) étant agencés de sorte que l'aimant (5) génère des flux dans deux circuits magnétiques en parallèle comportant chacun au moins une portion (3, 4) de l'armature (1), une branche commune comprenant l'aimant (5) et une des deux palettes (6) ou une fraction de la palette (6) séparée de ladite portion (3, 4) d'armature par au moins un entrefer, **caractérisé en ce que** le ou les conducteurs sont aptes à générer, dans au moins une boucle (2) magnétique additionnelle fermée de l'armature (1) comportant au moins une branche commune avec lesdits circuits en parallèle, un flux qui s'additionne au flux créé par l'aimant (5) dans un des circuits et s'y soustrait dans l'autre.

2. Actionneur électromagnétique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'**il comporte une unique palette (6) disposée sensiblement perpendiculairement à l'aimant (5) ou à une branche (3, 4) de l'armature (1) comprenant l'aimant (5), la boucle fermée (2) de l'armature (1) coopérant avec le ou les conducteurs étant disposée à l'opposée de la palette (6) par rapport à l'aimant (5).

3. Actionneur électromagnétique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la palette (6) est constituée d'une poutrelle rectiligne rejoignant deux branches latérales (3, 4) de l'armature (1) entourant une branche centrale comportant l'aimant (5), lesdites branches (3, 4) étant reliées entre elles par une portion de la boucle fermée (2) de l'armature (1).

4. Actionneur électromagnétique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la palette (6') est en forme de U dont les jambages (3', 4') sont placés de part et d'autre de la branche centrale comportant l'aimant (5), leurs extrémités libres formant deux entrefers avec une portion de la boucle fermée (2') de l'armature (1).

5. Actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** la boucle fermée (2) de l'armature (1) comporte une bobine (7) enroulée autour d'une partie de ladite boucle fermée (2) distincte des circuits magnétiques parallèles.

6. Actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** la boucle (2) magnétique additionnelle entoure au moins deux conducteurs d'alimentation d'un circuit électrique.

7. Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il comporte deux palettes (14, 14') dont les extrémités forment des entrefers distincts avec les deux boucles magnétiques (13, 13') additionnelles fermées disposées aux deux extrémités de la branche commune (11) de l'armature (1) comportant l'aimant (12), lesdites boucles (13, 13') entourant au moins deux conducteurs d'alimenfation d'un circuit électrique.

8. Actionneur électromagnétique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la branche commune (11) est en V ou en U, l'aimant (12) en formant la base.

9. Actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 7 et 8, **caractérisé en ce que** les palettes (14, 14') sont rectilignes ou en U,

Patentansprüche

1. Elektromagnetisches Stellglied mit Flussumleitung, das einen Dauermagneten (5), einen ferromagnetischen Anker (1), eine oder zwei Platten (6), die mindestens einen Spalt mit dem Anker (1) bilden und zwischen einer geöffneten und einer geschlossenen Stellung bewegbar ist/sind, mechanische Rückstellmittel jeder Platte (6) in die geöffnete Stellung und mindestens einen elektrischen Leiter, der imstande ist, in dem Anker einen Magnetfluss zu erzeugen, aufweist, wobei der Magnet (5), der Anker (1) und die Platten (6) derart ausgebildet sind, dass der Magnet (5) Flüsse in zwei parallelen Magnetkreisen erzeugt, die jeweils mindestens einen Abschnitt (3, 4) des Ankers (1) aufweisen, wobei eine gemeinsame Abzweigung den Magneten (5) und eine der zwei Platten (6) oder einen Teil der Platte (6) umfasst, die von dem Ankerabschnitt (3, 4) durch mindestens einen Spalt getrennt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Leiter imstande ist/sind, in mindestens einer zusätzlichen geschlossenen Magnetschleife (2) des Ankers (1), die mindestens eine mit den parallelen Kreisen gemeinsame Abzweigung aufweist, einen Fluss zu erzeugen, der sich dem von dem Magneten (5) in einem der Kreise erzeugten Fluss hinzufügt und sich in dem anderen abzieht.

2. Elektromagnetisches Stellglied nach vorangehendem Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine einzige Platte (6) aufweist, die etwa lotrecht zum Magneten (5) oder zu einer Abzweigung (3, 4) des Ankers (1), die den Magneten (5) umfasst, aufweist, wobei die geschlossene Schleife (2) des Ankers (1) mit dem oder den Leitern zusammenarbeitet, die im Verhältnis zum Magneten (5) gegenüber der Platte (6) angeordnet ist/sind.

3. Elektromagnetisches Stellglied nach vorangehendem Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (6) aus einem geraden Balken besteht, der zwei Seitenabzweigungen (3, 4) des Ankers (1) erreicht, die eine zentrale Abzweigung, die den Magneten (5) aufweist, umgeben, wobei die Abzweigungen (3, 4) durch einen Abschnitt der geschlossenen Schleife (2) des Ankers (1) miteinander verbunden sind.

4. Elektromagnetisches Stellglied nach vorangehendem Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (6') in Form eines U ist, dessen Beine (3', 4') auf der einen und der anderen Seite der zentralen Abzweigung, die den Magneten (5) aufweist, platziert sind, wobei ihre freien Enden mit einen Abschnitt der geschlossenen Schleife (2') des Ankers (1) zwei Spalte bilden.

5. Elektromagnetisches Stellglied nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geschlossene Schleife (2) des Ankers (1) eine Spule (7) aufweist, die um einen Teil der geschlossenen Schleife (2) gewickelt ist, der sich von den parallelen Magnetkreisen unterscheidet.

6. Elektromagnetisches Stellglied nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zusätzliche magnetische Schleife (2) mindestens zwei Versorgungsleiter eines Stromkreises umgibt.

7. Elektromagnetisches Stellglied nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zwei Platten (14, 14') aufweist, deren Enden unterschiedliche Spalte mit den zwei zusätzlichen geschlossenen Magnetschleifen (13, 13') bilden, die an den zwei Enden der gemeinsamen Abzweigung (11) des Ankers (1) angeordnet sind, die den Magneten (12) aufweist, wobei die Schleifen (13, 13') mindestens zwei Versorgungsleiter eines Stromkreises umgeben.

8. Elektromagnetisches Stellglied nach vorangehendem Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gemeinsame Abzweigung (11) V- oder U-förmig ist, wobei der Magnet (12) dafür die Basis bildet.

9. Elektromagnetisches Stellglied nach einem der Ansprüche 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platten (14, 14') gerade oder U-förmig sind.

Claims

1. Electromagnetic flux bypass actuator with a permanent magnet (5), a ferromagnetic armature (1), one or two keeper (s) (6) creating at least one air gap with the armature (1) and mobile between an open position and a closed position, a mechanical means of returning each keeper (6) to the open position and at least one electrical conductor capable of generating a magnetic flux in the armature (1), the magnet (5), the armature (1) and the keepers (6) being arranged so that the magnet (5) generates flux in two parallel magnetic circuits each of which contain at least one section (3, 4) of the armature (1), a common branch containing the magnet (5) and one of the two keepers (6) or a part of the keeper (6) separated from the said section (3, 4) of the armature by at least one air gap, **characterized in that** the

conductor(s) are capable of generating, in at least one additional magnetic closed loop (2) on the armature (1) and having at least one common branch with the said parallel circuits, a flux which adds to the flux created by the magnet (5) in one of the circuits and is subtracted from the other.

2. Electromagnetic actuator according to the preceding claim, **characterized in that** it contains a single keeper (6) positioned more or less perpendicular to the magnet (5) or to one branch (3, 4) of the armature (1) containing the magnet (5), the closed-loop (2) on the armature (1) working with the conductor(s) being positioned opposite to the keeper (6) in relation to the magnet (5).

3. Electromagnetic actuator according to the preceding claim, **characterized in that** the keeper (6) consists of a straight beam joining two lateral branches (3, 4) of the armature (1) surrounding a central branch containing the magnet (5), the said branches (3, 4) being linked together by a section of the closed loop (2) on the armature (1).

4. Electromagnetic actuator according to the preceding claim, **characterized in that** the keeper (6') is in the form of a U of which the legs (3', 4') are placed on either side of the central branch containing the magnet (5), their free ends forming two air gaps with a section of the closed loop (2') on the armature (1).

5. Electromagnetic actuator according to one of claims 2 to 4, **characterized in that** the closed loop (2) on the armature (1) contains a coil (7) wrapped around one part of the said closed loop (2) separate from the parallel magnetic circuits.

6. Electromagnetic actuator according to one of claims 2 to 4, **characterized in that** the additional magnetic loop (2) wraps around at least two supply conductors of an electrical circuit.

7. Electromagnetic actuator according to claim 1, **characterized in that** it contains two keepers (14, 14') of which the ends form separate gaps with the two additional magnetic closed loops (13, 13') positioned at both ends of the common branch (11) of the armature (1) containing the magnet (12), the said loops (13, 13') wrapping around at least two supply conductors of an electrical circuit.

8. Electromagnetic actuator according to the preceding claim, **characterized in that** the common branch (11) is in a V or a U, the magnet (12) forming the base.

9. Electromagnetic actuator according to one of claims 7 and 8, **characterized in that** the keepers (14, 14') are straight or in a U.

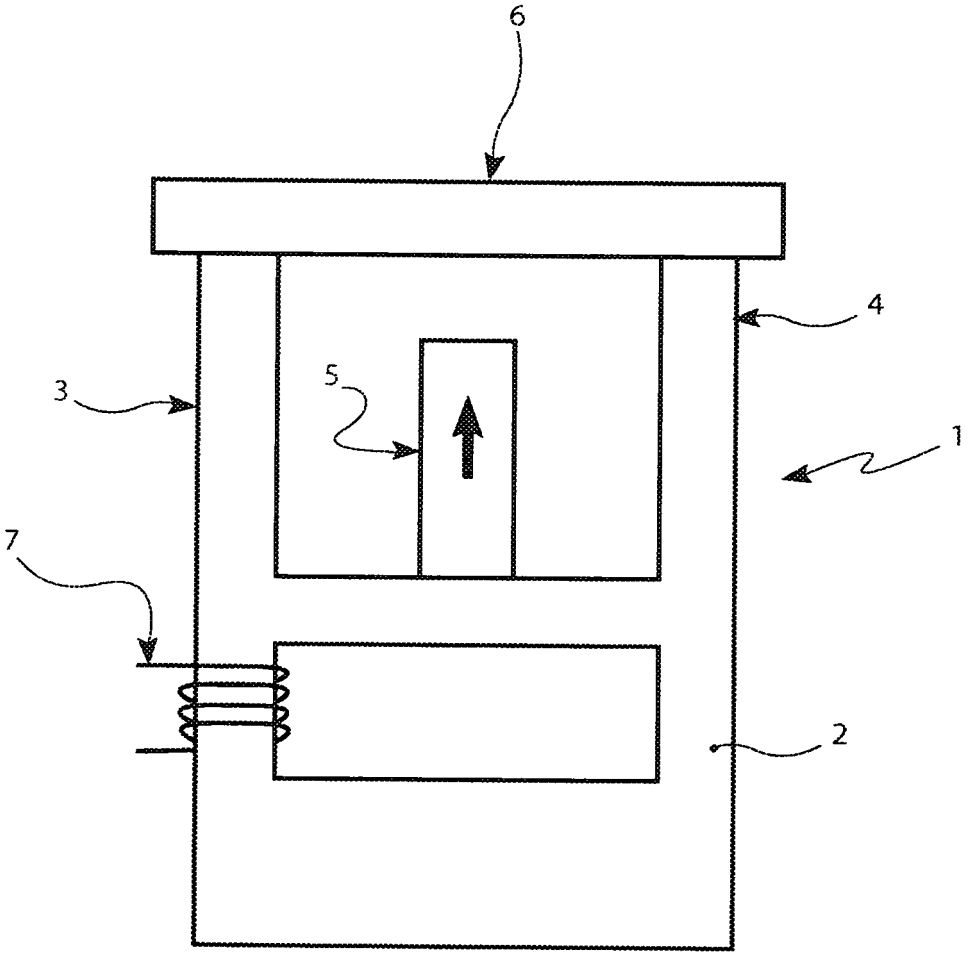

Figure1

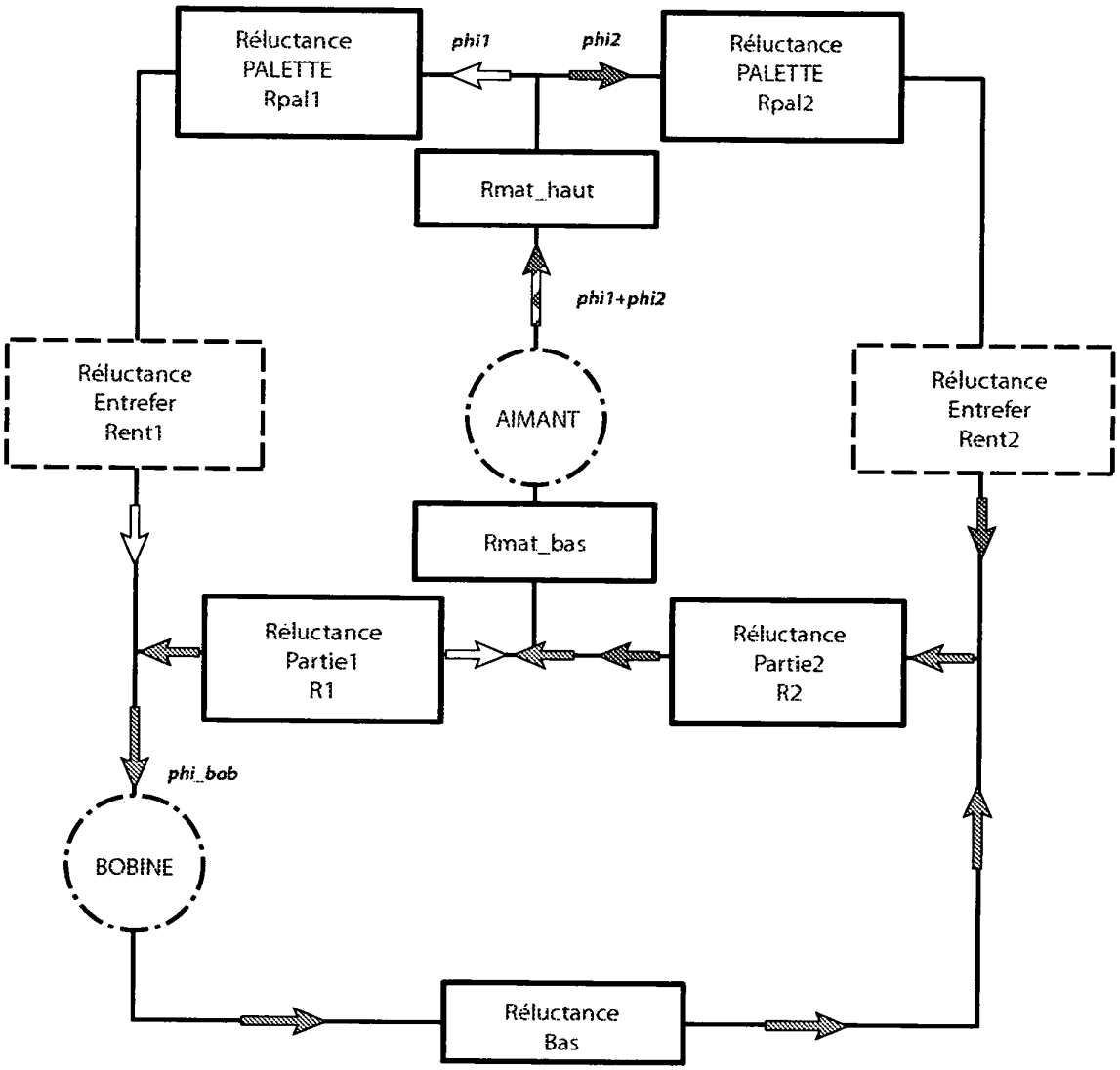
Réluctance
PALETTE
Rpal1
phi1
phi2
Réluctance
PALETTE
Rpal2
Rmat_haut
phi1+phi2
Réluctance
Entrefer
Rent1
AIMANT
Réluctance
Entrefer
Rent2
Rmat_bas
Réluctance
Partie1
R1
Réluctance
Partie2
R2
phi_bob
BOBINE
Réluctance
Bas

Figure 2

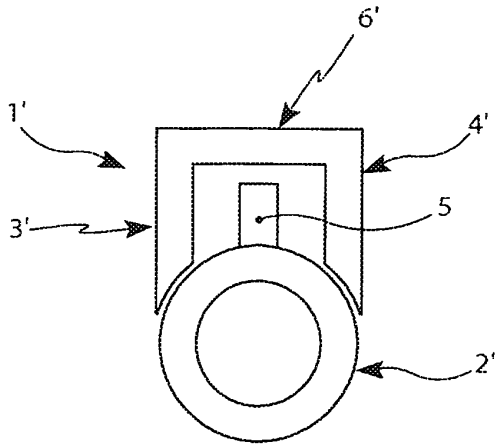

Figure 3

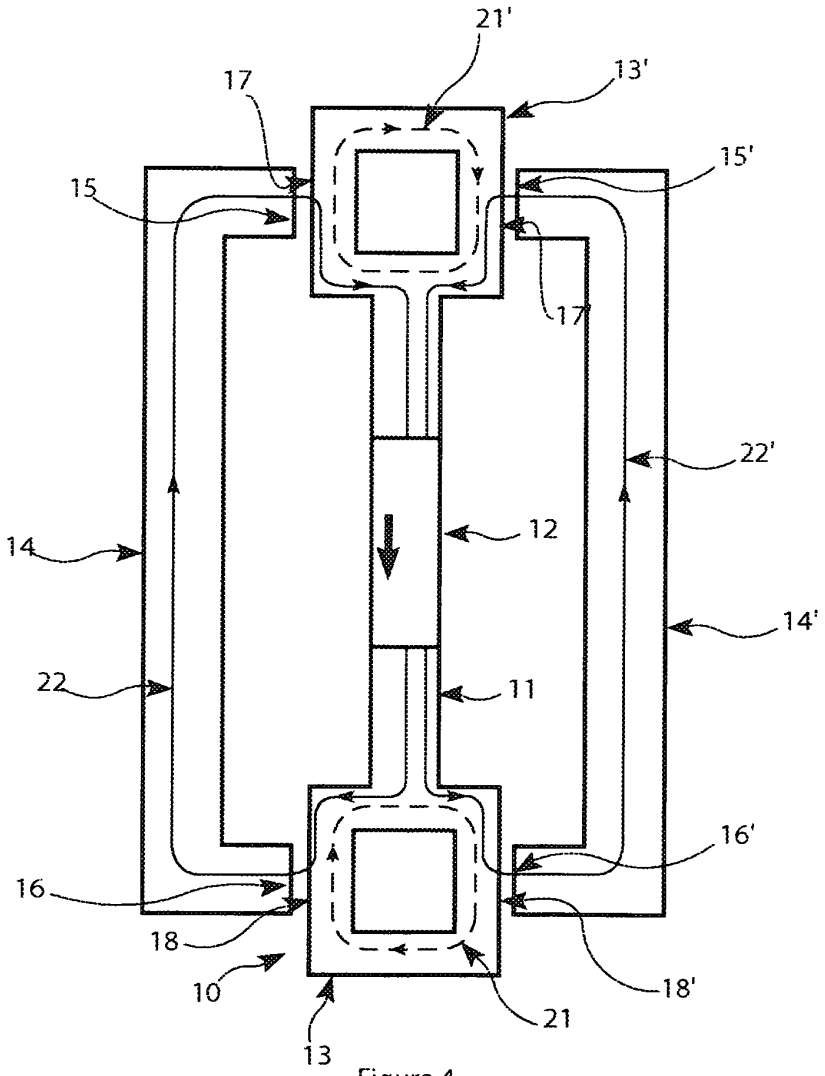

Figure 4

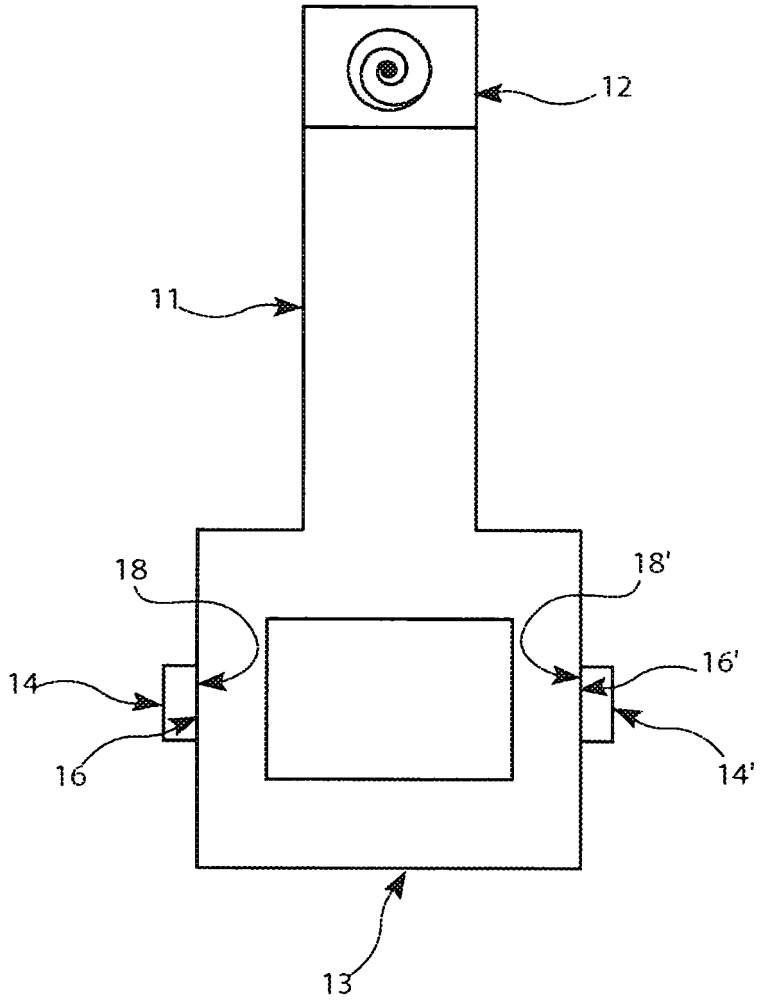

Figure 5

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

- US 20040027775 A **[0001]**