

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
19 septembre 2013 (19.09.2013)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/136019 A2

(51) Classification internationale des brevets :
H01F 7/122 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/050535

(22) Date de dépôt international :
15 mars 2013 (15.03.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1252397 16 mars 2012 (16.03.2012) FR

(71) Déposant : HAGER-ELECTRO SAS [FR/FR]; 132 boulevard d'Europe, F-67210 Obernai (FR).

(72) Inventeurs : DEZILLE, Edouard; 19, rue des Consuls, F-67210 Obernai (FR). FRITSCH, Pascal; 97, rue du Couvent, F-67120 Dachstein (FR). BOITEUX, Vincent; 10, rue des Tonneliers, F-67000 Strasbourg (FR). VOIRPIN, Jean-Marc; 29 rue de la Renaissance, F-67000 Strasbourg (FR).

(74) Mandataire : LITTOLFF, Denis; Meyer & Partenaires, 4 rue de Dublin -, Espace Européen de l'Entreprise, F-67300 Schiltigheim (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))

(54) Title : ELECTROMAGNETIC ACTUATOR HAVING CONTROLLED IMPEDANCE

(54) Titre : ACTIONNEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE A IMPÉDANCE MAÎTRISÉE

(57) Abstract : The invention relates to a method for limiting impedance variations of an electromagnetic actuator such as a relay comprising a magnetic circuit. The actuator is made up of a stationary magnetic armature and a moving vane placed against a spring and capable of moving a mechanical actuator element projecting from a box via an opening made in the latter, a permanent magnet suitable for attracting the vane into contact with the armature, and at least one induction coil. The method comprises the following steps: a) closing and maintaining the vane in contact with the armature; b) mounting one or two coils around the armature; c) sending at least one signal with current I to the coil or coils; d) measuring the voltage U at the terminals of the coil or one of the coils; e) measuring the current I in the or the other one of the coils; f) calculating the impedance $Z_{cal} = U/I$; and g) determining the number of turns to be coiled using a coiling graph showing $N_{turns} = f(Z_{cal})$.

(57) Abrégé : Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique de type relais comportant un circuit magnétique. Il est constitué d'une armature magnétique fixe et d'une palette mobile à l'encontre d'un ressort et apte à déplacer un organe mécanique d'actionnement dépassant d'un boîtier via un orifice pratiqué dans celui-ci, un aimant permanent apte à attirer la palette au contact de l'armature, ainsi qu'au moins une bobine d'induction. Le procédé comporte les étapes suivantes : - a/ fermeture et maintien de la palette au contact de l'armature; - b/ montage d'une ou deux bobines autour de l'armature; - c/ envoi d'au moins un signal de courant I dans la ou les bobines; - d/ mesure de la tension U aux bornes de la ou de l'une des bobines; - e/ mesure du courant I dans la ou l'autre des bobines; - f/ calcul de l'impédance $Z_{cal} = U/I$; - g/ détermination du nombre de spires à bobiner en utilisant une abaque de bobinage représentant $N_{spires} = f(Z_{cal})$.



WO 2013/136019 A2

ACTIONNEUR ELECTROMAGNETIQUE A IMPEDANCE MAÎTRISÉE

La présente invention a trait à un actionneur électromagnétique du type relais différentiel, et concerne un procédé visant à maîtriser l'impédance de
5 tels appareils au cours d'une fabrication industrielle, c'est-à-dire en série. L'actionneur de l'invention est un dispositif à haute sensibilité, utilisé notamment dans le domaine de la protection différentielle, lorsque celle-ci est envisagée indépendamment de la tension secteur.

Dans ce cadre, les actionneurs ou relais différentiels utilisés dans
10 l'industrie ou le tertiaire sont de différents types pour pouvoir répondre aux normes en vigueur (produits différentiels de type A, AC, G, S etc). Or, ils sont géométriquement identiques, c'est à dire que les pièces les constituant sont les mêmes, à l'exception de la bobine, dont le nombre de spire et la section du fil sont adaptés à chaque type de relais mentionné ci-dessus.

15 Ce type d'actionneur électromagnétique comprend en fait classiquement les composants suivants :

- une armature magnétique fixe, en général en forme de U, dont les extrémités des deux jambages constituent deux surfaces polaires coplanaires ;
- 20 - une palette en matériau magnétique apte à pivoter entre deux positions respectivement à distance, c'est à dire laissant subsister un espace avec l'armature et, en position armée du déclencheur, au contact desdites surfaces polaires, fermant ainsi le circuit magnétique constitué par ladite armature et ladite palette, le point de rotation de la palette se situant au
25 voisinage immédiat de l'extrémité de l'un des jambages de l'armature ;
- un aimant permanent de polarisation du circuit magnétique, disposé entre les jambages de l'armature et créant une force magnétique permanente d'attraction de la palette vers les surfaces polaires, force magnétique qui s'exerce à l'encontre de la force de rappel d'un ressort ;

- une bobine d'induction entourant le circuit magnétique, reliée par exemple à un circuit à contrôler, en vue de modifier l'équilibre initial entre la force magnétique et la force de rappel du ressort.

Le principe de fonctionnement, bien connu, est le suivant : lorsque par
5 exemple un incident d'ordre différentiel survient dans des lignes protégées par le dispositif différentiel, induisant un courant dans le fil de la bobine, le flux créé à cette occasion dans le circuit magnétique de l'actionneur par la bobine se combine au flux généré par l'aimant permanent. La combinaison
10 des flux induits par l'aimant d'une part, et par le courant apparu dans la bobine d'autre part, détruit l'équilibre mécanique initial et fait pivoter la palette, qui se déplace par rapport à l'armature. Le déplacement de la palette entraîne celui d'un organe mécanique, par exemple une tige, apte à déverrouiller la serrure d'un produit différentiel placé à proximité de
15 l'actionneur électromagnétique, de telle sorte que ladite tige puisse agir sur un déclencheur.

Bien que les composants constituant le relais sont en principe les mêmes pour la fabrication en série du même modèle d'actionneur, on observe en pratique des variations d'impédances d'un relais à l'autre, principalement
20 dues aux fluctuations des caractéristiques magnétiques de la matière et des variations de l'entrefer, qui sont de l'ordre du μm . La maîtrise de ces variations dans un process industriel est un problème récurrent et majeur.

Pour éviter autant que possible ce problème, on peut être tenté d'agir sur le tore qui leur est associé dans le cadre de la protection différentielle, tore qui réalise en pratique la fonction mesure, c'est-à-dire qu'il mesure le
25 déséquilibre de courant dans le circuit protégé, dont les fils le traversent, constituant en fait le primaire d'un transformateur dont le secondaire est un fil bobiné autour du tore et relié à la bobine d'induction de l'actionneur. Un déséquilibre au primaire se retrouve bien entendu au secondaire, induisant un courant qui se retrouve dans la bobine d'induction de l'actionneur.

Une solution serait en effet par exemple d'associer aux relais un tore de volume plus important, dès lors plus onéreux, avec une conséquence économique sur le prix de revient global évidemment défavorable.

Pour remédier à ce problème, plutôt que d'utiliser un tel tore, une autre solution industriellement possible et souvent choisie actuellement consiste à effectuer un tri systématique des relais produits selon leur impédance. En pratique, après sa fabrication, chaque relais est contrôlé puis est classé suivant son impédance en plusieurs classes. Chacune de ces classes d'impédance est associée à un tore particulier qui n'est pas surdimensionné par rapport à l'actionneur avec lequel il fonctionne. La réalisation d'un tel tri s'avère économiquement plus intéressante que le choix d'un tore de plus gros volume.

Il n'y a donc pas, dans la manière actuelle de procéder industriellement, de traitement qui porte directement sur la variation de l'impédance des relais ou actionneurs produits, mais une prise en compte de ce qui sort effectivement des lignes de production, puis un tri sélectif.

Une solution bien connue pour agir directement sur l'impédance consisterait en un réglage de ladite impédance par l'aimant, le réglage de la puissance se faisant alors par le ressort monté sur une vis. L'inconvénient de cette solution est qu'un tel réglage doit être réalisé une fois le produit différentiel assemblé, et que le réglage par le ressort est long et difficile à mettre en place en production, ce qui rend cette solution industriellement inadéquate.

Selon une autre approche, la bobine peut permettre de faire varier assez simplement l'impédance du relais, qui devient différente d'un type de relais à l'autre si les bobines sont distinctes en termes de nombre de spires. Pour limiter les variations d'impédance des relais, l'idée à la base de l'invention est donc de bobiner un nombre de spires qui permette d'atteindre, avec un écart réduit, une impédance donnée.

On pourrait par exemple bobiner dans tous les cas un certain nombre de spires dont on sait que cela représente un surplus de spires par rapport au

résultat attendu, puis débobiner le nombre exact de spires pour atteindre l'impédance voulue. Ou encore faire l'inverse avec le bobinage initial d'un nombre de spires manifestement sous-estimé, suivi du bobinage d'un nombre de spires additionnel aboutissant à l'impédance recherchée.

- 5 Le résultat serait correct, précis, mais la mise en oeuvre impose des temps de cycle très importants, pas réellement compatible avec une fabrication industrielle en grande série.

Le problème est clairement de combiner l'idée de travailler sur le nombre de spires avec les exigences liées à une industrialisation des relais.

- 10 C'est ce que se propose de réaliser le procédé de fabrication de l'invention, qui vise par conséquent essentiellement à limiter les variations d'impédance au cours de la fabrication industrielle, et se caractérise à titre principal par les étapes suivantes :

- a/ fermeture et maintien de la palette au contact de l'armature ;
- 15 - b/ montage d'une ou deux bobines autour de l'armature ;
- c/ envoi d'au moins un signal de courant I dans la ou les bobines ;
- d/ mesure de la tension U aux bornes de la ou de l'une des bobines;
- e/ mesure du courant I dans la ou l'autre des bobines ;
- 20 - f/ calcul de l'impédance $Z_{cal} = U/I$;
- g/ détermination du nombre de spires à bobiner en utilisant une abaque de bobinage représentant $N_{spires} = f(Z_{cal})$.

- En d'autres termes, lorsque le circuit magnétique du produit en cours de fabrication est fermé, on y bobine une ou deux bobines, on mesure dans la
- 25 ou les bobines la tension aux bornes et le courant, on en déduit l'impédance, qui est par conséquent une impédance calculée, et on se sert d'une abaque pré-réalisée pour obtenir finalement le nombre de spires à bobiner en fonction de l'impédance telle que calculée.

- Cette manière de procéder est beaucoup plus rapide que celle qui a été
- 30 mentionnée auparavant et elle est également précise, suffisamment pour valider la pertinence industrielle du procédé.

Plus précisément, le procédé de l'invention peut comporter la génération et l'utilisation d'une première abaque représentant $Z_{reel} = f_1(Z_{cal})$ pour un nombre prédéterminé d'actionneurs munis d'une succession de bobines ayant une pluralité prédéterminée de valeurs de nombres de spires, puis par
5 la génération et l'utilisation d'une seconde abaque représentant $N_{spires} = f_2(Z_{reel})$ pour un nombre prédéterminé d'actionneurs munis d'une succession de bobines ayant une pluralité prédéterminée de valeurs de nombres de spires, et le croisement des deux abaques précédentes pour générer l'abaque de bobinage.

10 Pour l'obtention de la première abaque, on réalise en réalité des mesures systématiques des impédances réelles de plusieurs centaines d'actionneurs auxquels on a bobiné successivement des bobines de plusieurs centaines de spires à partir d'une valeur basse prédéterminée incrémentée d'un nombre de spires de l'ordre d'une dizaine ou d'un multiple d'une dizaine à chaque
15 fois, et pour un nombre prédéterminé de fois. Alternativement, la valeur initiale du nombre de spires bobinées peut être une valeur haute qui est alors décrémentées d'un nombre de spires de l'ordre d'une dizaine ou d'un multiple d'une dizaine à chaque fois. Pour chaque actionneur on calcule par ailleurs l'impédance. L'ensemble des résultats obtenus permet de
20 représenter l'abaque, qui est en pratique un nuage de points situés entre deux courbes enveloppe.

En ce qui concerne la seconde abaque, le nombre de spires est par exemple mis en ordonnée, et l'impédance réelle en abscisse. C'est donc l'impédance réelle qui est le trait d'union entre les deux abaques
25 mentionnées ci-dessus, qui permettent d'en déduire l'abaque finale de bobinage représentant $N_{spires} = f(Z_{cal})$, et combinant les deux premières.

Pour pouvoir effectuer les différentes mesures en situation réelle, la palette est fermée et maintenue en position fermée soit par action mécanique sur l'organe d'actionnement, lequel répercute l'action à la palette et la plaque
30 contre l'armature, soit par passage d'un courant continu dans la bobine d'induction, le flux continu ainsi généré aboutissant à attirer la palette au

contact de l'armature magnétique, soit par magnétisation de l'aimant qui engendre un flux magnétique apte à maintenir le relais en position fermé.

Pour effectuer les calculs d'impédance, nécessitant des mesures de tension U aux bornes d'au moins une bobine et de courant dans la ou
5 lesdites bobines, plusieurs solutions sont possibles, modifiant quelque peu la mise en œuvre du procédé de l'invention. Le calcul peut ainsi être basé sur deux bobines, respectivement de n spires et d'une spire, qui sont enroulées autour de zones adjacentes l'armature.

Alternativement, une unique bobine de n spires peut être montée autour
10 de l'armature, n pouvant alors être égal à un nombre qui revient à utiliser une sorte de bobine « fictive » non réaliste pour une utilisation réelle, à des fins de mesure, par exemple comportant 5 spires. C'est ce même nombre « fictif » qui peut être utilisé lorsque deux bobines sont mis en œuvre. Alternativement, le nombre n peut être bien plus élevé et représenter un
15 bobinage réel, c'est-à-dire avec un nombre de spires réaliste pour un actionneur.

De même, le courant utilisé peut prendre différentes formes, selon l'état d'aimantation de l'aimant permanent, le moyen utilisé pour fermer et maintenir fermé la palette au contact de l'armature etc.

20 Ainsi, le signal de courant envoyé dans la bobine peut être d'allure sinusoïdale, ou constitué d'une composante continue et d'une composante d'allure sinusoïdale. De même, lorsqu'il y a deux bobines, il peut encore s'agir de deux signaux de courant constitués dans les deux cas d'une composante continue et d'une composante sinusoïdale.

25 Lors de la mesure de l'impédance, il y a une variabilité supplémentaire liée à la résistance de la bobine, qui rend la mesure moins précise lorsqu'il n'y a qu'une seule bobine, quelque soit le nombre de ses spires. En revanche, lorsqu'il y a deux bobines, la mesure de la tension U est effectuée aux bornes de la bobine à quelques spires (n) et la mesure du courant I
30 s'effectue dans la bobine à une spire, ce qui diminue notablement l'imprécision dans la mesure du courant.

En bref, si la variabilité constatée est faible, on peut n'utiliser qu'une seule bobine, alors que si elle excède un seuil prédéterminé, il est préférable d'en utiliser deux, pour s'en affranchir.

Pour que le procédé de l'invention ait une efficacité accrue, sur un plan industriel, l'actionneur comporte un boîtier permettant à la bobine d'induction d'être bobinée hors du boîtier autour d'une branche de l'armature, lorsque ledit boîtier est refermé sur tous les autres composants. Dans cette hypothèse, le bobinage exact peut intervenir au dernier moment, dans la chaîne de fabrication, sur des boîtier déjà pré-équipés, sur lesquels il ne reste plus qu'à bobiner un nombre de spires donné par le procédé de l'invention, qui garantit une variabilité minimale de l'impédance pour des produits identiques ou presque (à l'exception du nombre de spires des bobines).

L'impédance d'un tel actionneur est notamment fonction de l'aimant permanent qui l'équipe, outre qu'elle dépend de l'entrefer et du matériau du circuit magnétique. Si les variations d'impédances dues à l'aimant permanent sont trop fortes, l'actionneur peut, dans le cadre du procédé de l'invention, être disposé entre des bobines de Helmholtz pendant la réalisation des étapes a/ à g/ telles que décrites auparavant.

L'impédance, même si elle est très majoritairement fonction de l'entrefer et du matériau du circuit magnétique, dépend aussi de l'aimant, et en particulier de son degré d'aimantation.

REVENDICATIONS

1. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique de type relais comportant un circuit magnétique constitué d'une armature magnétique fixe et d'une palette mobile à l'encontre d'un ressort et apte à déplacer un organe mécanique d'actionnement dépassant d'un boîtier via un orifice pratiqué dans celui-ci, un aimant permanent apte à attirer la palette au contact de l'armature, ainsi qu'au moins une bobine d'induction, caractérisé par les étapes suivantes :
- a/ fermeture et maintien de la palette au contact de l'armature ;
 - b/ montage d'une ou deux bobines autour de l'armature ;
 - c/ envoi d'au moins un signal de courant I dans la ou les bobines ;
 - d/ mesure de la tension U aux bornes de la ou de l'une des bobines ;
 - e/ mesure du courant I dans la ou l'autre des bobines ;
 - f/ calcul de l'impédance $Z_{cal} = U/I$;
 - g/ détermination du nombre de spires à bobiner en utilisant une abaque de bobinage représentant $N_{spires} = f(Z_{cal})$.
2. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon la revendication précédente, caractérisée par la génération et l'utilisation d'une première abaque représentant $Z_{reel} = f_1(Z_{cal})$ pour un nombre prédéterminé d'actionneurs munis d'une succession de bobines ayant une pluralité prédéterminée de valeurs de nombres de spires, puis par la génération et l'utilisation d'une seconde abaque représentant $N_{spires} = f_2(Z_{reel})$ pour un nombre prédéterminé d'actionneurs munis d'une succession de bobines ayant une pluralité prédéterminée de valeurs de nombres de spires, et le croisement des deux abaques précédentes pour générer l'abaque de bobinage.
3. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que la palette est fermée et maintenu en position fermée par action mécanique sur l'organe d'actionnement.

4. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la palette est fermée et maintenue en position fermée par passage d'un courant continu dans la bobine d'induction.

5. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que deux bobines, respectivement de n spires et d'une spire sont enroulées autour de l'armature.

6. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'une unique bobine de n spires est montée autour de l'armature.

7. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que n est égal à 5.

8. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le signal de courant envoyé dans la ou les bobines est d'allure sinusoïdale.

9. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le signal de courant envoyé dans la ou les bobines est constitué d'une composante continue et d'une composante d'allure sinusoïdale.

10. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que deux signaux de courant sont envoyés dans la ou les bobines, constitués de deux composantes continues distinctes et d'une composante sinusoïdale.

11. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications

précédentes, caractérisé en ce que, lorsqu'il y a deux bobines, la mesure de la tension U s'effectue aux bornes de la bobine à n spires et la mesure du courant I s'effectue dans la bobine à une spire.

- 5 12. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'actionneur comporte un boîtier permettant à la bobine d'induction d'être bobinée hors du boîtier autour d'une branche de l'armature, lorsque ledit boîtier est refermé sur tous les autres composants.
- 10 13. Procédé de limitation des variations d'impédance d'un actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'actionneur est disposé entre des bobines de Helmholtz pendant la réalisation des étapes a/ à g/.