

(19)



(11)

EP 3 291 271 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
27.02.2019 Bulletin 2019/09

(51) Int Cl.:
H01H 47/00 (2006.01) H01H 47/32 (2006.01)
H01F 7/18 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17188936.3**

(22) Date de dépôt: **01.09.2017**

(54) **PROCÉDÉ DE COMMANDE D'UN DISPOSITIF D'ACTIONNEMENT, DISPOSITIF D'ACTIONNEMENT ET APPAREIL DE COMMUTATION ASSOCIÉS**

STEUERUNGSVERFAHREN EINER BETÄTIGUNGSVORRICHTUNG UND ENTSPRECHENDE BETÄTIGUNGSVORRICHTUNG UND SCHALTVORRICHTUNG

CONTROL METHOD FOR AN ACTUATING DEVICE, RELATED ACTUATING DEVICE AND SWITCHING DEVICE

(84) Etats contractants désignés:
AL 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 RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **02.09.2016 FR 1658195**

(43) Date de publication de la demande:
07.03.2018 Bulletin 2018/10

(73) Titulaire: **Schneider Electric Industries SAS**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeurs:
• **GEFFROY, Vincent**
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)
• **HENRI-ROUSSEAU, Julien**
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)

(74) Mandataire: **Lavoix**
62, rue de Bonnel
69448 Lyon Cedex 03 (FR)

(56) Documents cités:
US-A- 5 160 928 US-A- 5 708 355
US-A- 5 933 313 US-A- 6 141 201
US-B1- 6 188 562 US-B1- 6 744 615

EP 3 291 271 B1

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).

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de commande d'un dispositif d'actionnement. La présente invention concerne également un dispositif d'actionnement et un appareil de commutation comprenant un tel dispositif d'actionnement.

[0002] Il est fréquent que des appareils de commutation électrique comprennent des dispositifs d'actionnement électromagnétiques. Par exemple, un électro-aimant comprend une bobine et une partie mobile par rapport à la bobine. La partie mobile est, par exemple, un circuit électrique, ou encore un noyau. La partie mobile est reçue dans la bobine, le déplacement de la partie mobile étant commandé par la circulation d'un courant dans la bobine. La partie mobile est fixée mécaniquement à un élément mobile formant contact électrique. Le déplacement de la partie mobile permet alors d'actionner l'élément mobile et de commander l'ouverture ou la fermeture du contact électrique. Pour une première valeur du courant, la partie mobile se déplace depuis une position dans laquelle le contact électrique est ouvert vers une position dans laquelle le contact électrique est fermé, ou réciproquement. Afin d'assurer la sécurité du système, le déplacement inverse est en général effectué par un ressort, permettant d'assurer l'ouverture du circuit même en cas de coupure électrique. Une deuxième valeur du courant, trop faible pour commander le déplacement de la partie mobile, permet néanmoins de contrebalancer l'action du ressort pour maintenir le contact en position fermée tout en minimisant la consommation électrique du système.

[0003] Cependant, du fait que la force exercée pour maintenir le contact fermé est relativement faible, de tels contacts électriques sont susceptibles de s'ouvrir si un choc extérieur entraîne le déplacement de la partie mobile par rapport à la bobine. L'ouverture intempestive de contacts électrique peut entraîner leur échauffement, au point qu'ils se soudent ultérieurement.

[0004] Ainsi, la détection de chocs est fréquemment prévue lors de la conception des appareils de commutation, au point que certains de ces appareils comprennent des accéléromètres à cet effet. Cependant, ces accéléromètres compliquent la conception et la commande des appareils de commutation, et les rendent plus onéreux.

[0005] On connaît du document FR 2786915 A1 un procédé de commande d'un dispositif d'actionnement du type précité, dans lequel le courant est régulé à la deuxième valeur par un algorithme de type « regulation peak », dans lequel un interrupteur est ouvert ou fermé selon qu'un échantillon de la grandeur mesurée est supérieur ou inférieur à une valeur de consigne. En cas de choc lorsque l'actionneur maintient le contact en position fermée, le déplacement de la partie mobile par rapport à la bobine est détecté si quatre échantillons de courant successifs sont supérieurs à la valeur de consigne. En effet, un déplacement de la partie mobile entraîne dans la bobine l'apparition d'une force électromotrice qui provoque

une augmentation du courant traversant la bobine. En cas de détection d'un tel déplacement, la valeur à laquelle le courant est régulé est alors augmentée afin d'augmenter la force électromagnétique exercée sur l'aimant et afin de refermer le contact électrique.

[0006] Cependant, un tel procédé de commande peut se révéler insuffisamment rapide pour empêcher une ouverture intempestive du contact électrique en cas de choc puissant, ce qui risque d'endommager l'appareil de commutation. Ce problème est en partie résolu en augmentant la valeur de courant pour la phase de maintien en position fermée du contact, mais un tel choix induit une consommation électrique plus élevée.

[0007] De plus, le document US 6 188 562 B1 divulgue un procédé et un dispositif selon les préambules des revendications 1 et 6.

[0008] Un but de l'invention est donc de proposer un procédé de commande d'un dispositif d'actionnement qui permette d'assurer le maintien du contact en position fermée pour des chocs plus élevés que les procédés de l'état de la technique sans augmenter significativement la consommation électrique.

[0009] A cet effet, il est proposé un procédé de commande d'un dispositif d'actionnement comprenant un électro-aimant et un dispositif de commande, l'électro-aimant comprenant une bobine et une partie mobile par rapport à la bobine entre une première position et une deuxième position, le dispositif de commande comportant :

- un organe d'alimentation configuré pour alimenter la bobine avec un courant électrique,
- un organe de mesure configuré pour mesurer au moins une valeur d'une grandeur mesurée du courant électrique,
- un organe d'échantillonnage configuré pour acquérir au moins un échantillon de la valeur, et
- un régulateur propre à réguler la valeur de la grandeur mesurée autour d'une valeur de consigne.

[0010] Ce procédé comporte des étapes de :

- alimentation de l'électro-aimant avec le courant électrique, la grandeur mesurée présentant une valeur de déplacement propre à provoquer un déplacement de la partie mobile de la première position vers la deuxième position,
- déplacement de la partie mobile depuis la première position jusqu'à la deuxième position,
- acquisition, avec une période d'échantillonnage, d'un échantillon de la valeur mesurée,
- régulation du courant électrique autour d'une valeur de consigne selon un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur, la valeur de consigne étant supérieure ou égale à une valeur de maintien propre à maintenir la partie mobile dans la deuxième position,
- comparaison de chaque échantillon à un seuil pré-

déterminé strictement supérieur à la valeur de maintien, et

- détection d'un déplacement indésirable de la partie mobile si un unique échantillon est supérieur ou égal au seuil, en valeur absolue.

[0011] Suivant d'autres aspects avantageux mais non obligatoires de l'invention, le procédé comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- suite à la détection d'un déplacement indésirable, le dispositif de commande met en oeuvre une étape d'alimentation de l'électro-aimant avec le courant électrique, la grandeur mesurée présentant la valeur de déplacement.
- une différence entre le seuil et la valeur de maintien est inférieure ou égale, en valeur absolue, à 15 pourcents de la valeur de maintien, de préférence inférieure ou égale à 5 pourcents de la valeur de maintien.
- l'algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur présente un coefficient proportionnel égal à zéro.
- la période d'échantillonnage est inférieure ou égale à 500 microsecondes, un coefficient proportionnel et un coefficient intégral étant définis pour l'algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur, le coefficient proportionnel étant compris entre 1 pourcent du coefficient intégral et 10 pourcents du coefficient intégral.

[0012] L'invention a également pour objet un dispositif d'actionnement comprenant un électro-aimant et un dispositif de commande, l'électro-aimant comprenant une bobine et une partie mobile par rapport à la bobine entre une première position et une deuxième position, le dispositif de commande comportant :

- un organe d'alimentation configuré pour alimenter la bobine avec un courant électrique, le courant électrique étant propre à provoquer un déplacement de la partie mobile de la première position vers la deuxième position lorsqu'une grandeur mesurée du courant électrique présente une valeur de déplacement, et étant propre à maintenir la partie mobile dans la deuxième position, lorsque cette grandeur mesurée présente une valeur de maintien strictement inférieure, en valeur absolue, à la valeur de déplacement,
- un organe de mesure configuré pour mesurer au moins une valeur de la grandeur mesurée,
- un organe d'échantillonnage configuré pour acquérir des échantillons de la valeur mesurée, avec une période d'échantillonnage, et
- un régulateur propre à réguler la valeur de la grandeur mesurée autour d'une valeur de consigne ;

le régulateur étant configuré pour réguler la valeur de la grandeur mesurée selon un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur, pour comparer chaque échantillon mesuré à un seuil prédéterminé strictement supérieur à la valeur de maintien et pour détecter un déplacement indésirable de la partie mobile si un unique échantillon de la valeur mesurée est supérieur ou égal au seuil, en valeur absolue.

[0013] L'invention a également pour objet un appareil de commutation électrique comprenant une borne d'entrée, une borne de sortie, un contact mobile et un dispositif d'actionnement propre à déplacer le contact mobile entre une position fermée dans laquelle la borne d'entrée est électriquement connectée à la borne de sortie et une position ouverte dans laquelle la borne d'entrée est électriquement isolée de la borne de sortie, le dispositif d'actionnement étant tel que défini ci-dessus.

[0014] De façon avantageuse, l'appareil de commutation électrique est un contacteur.

[0015] En variante, l'appareil de commutation électrique est un disjoncteur.

[0016] Selon une autre variante, l'appareil de commutation électrique est un relais électronique.

[0017] Selon encore une autre variante, l'appareil de commutation électrique est un inverseur de source.

[0018] Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un appareil de commutation selon l'invention comprenant un dispositif d'activation,
- la figure 2 est un schéma du dispositif d'activation de l'appareil de la figure 1,
- la figure 3 est un ordinogramme des étapes d'un procédé de commande selon l'invention, mis en oeuvre par le dispositif d'activation des figures 1 et 2,
- la figure 4 est un ensemble de graphiques décrivant l'évolution de différents paramètres mesurés au cours de la mise en oeuvre d'un procédé de commande de l'art antérieur, et
- la figure 5 est un ensemble de graphiques décrivant l'évolution des paramètres de la figure 4, mesurés au cours de la mise en oeuvre d'un procédé de commande selon l'invention.

[0019] Un appareil de commutation 10 est représenté sur la figure 1.

[0020] L'appareil de commutation 10 comporte une borne électrique d'entrée 15, une borne électrique de sortie 20, un contact mobile 25 et un dispositif d'actionnement 30.

[0021] L'appareil de commutation 10 est configuré pour recevoir un premier courant électrique C1 sur la borne d'électrique d'entrée 15 et pour délivrer le premier courant électrique C1 sur la borne de sortie 20.

[0022] L'appareil de commutation 10 est, en outre,

configuré pour déconnecter électriquement la borne électrique d'entrée 15 de la borne électrique de sortie 20, c'est-à-dire pour couper le premier courant électrique C1 entre la borne électrique d'entrée 15 et la borne électrique de sortie 20.

[0023] L'appareil de commutation 10 est, par exemple, un contacteur. En particulier, l'appareil de commutation 10 est configuré pour connecter électriquement la borne électrique d'entrée 15 et la borne électrique de sortie 20 suite à la réception d'une commande de connexion envoyée par un dispositif externe, et pour déconnecter la borne électrique d'entrée 15 de la borne électrique de sortie 20 suite à la réception d'une commande de déconnexion envoyée par ledit dispositif externe.

[0024] En variante, l'appareil de commutation 10 est un disjoncteur. En particulier, l'appareil de commutation 10 est un déclencheur d'un disjoncteur à minimum de tension, propre à déconnecter la borne électrique d'entrée 15 de la borne électrique de sortie 20 suite à la détection d'une baisse intempestive d'une tension.

[0025] Selon encore une autre variante, l'appareil de commutation 10 est un inverseur de source. Un inverseur de source est un dispositif propre à alimenter un appareil avec un courant électrique fourni par l'une parmi deux sources, et à commuter l'alimentation entre les deux sources.

[0026] Le contact mobile 25 est connecté électriquement à la borne électrique d'entrée 15. En variante, le contact mobile 25 est connecté électriquement à la borne électrique de sortie 20.

[0027] Le contact mobile 25 est mobile entre une position ouverte et une position fermée. Lorsque le contact mobile 25 est dans la position ouverte, la borne électrique d'entrée 15 n'est pas connectée électriquement à la borne électrique de sortie 20. Lorsque le contact mobile 25 est dans la position fermée, la borne électrique d'entrée 15 est connectée électriquement par le contact mobile 25 à la borne électrique de sortie 20.

[0028] Le dispositif d'activation 30 est configuré pour déplacer le contact mobile 25 entre la position ouverte et la position fermée, et vice versa.

[0029] Le dispositif d'activation 30 est, en outre, configuré pour maintenir le contact mobile 25 dans la position fermée.

[0030] Le dispositif d'activation 30 comporte un électro-aimant 35 et un dispositif de commande 40.

[0031] L'électro-aimant 35 comporte une bobine 45, également appelée partie fixe 35, et une partie mobile 50.

[0032] La bobine 45 comporte un conducteur électrique enroulé autour d'un axe.

[0033] La partie mobile 50 est, par exemple, un noyau de l'électro-aimant 35.

[0034] La partie mobile 50 est fixée au contact mobile 25 et est mobile avec lui.

[0035] La partie mobile 50 est mobile entre une première position et une deuxième position par rapport à la bobine 45. Par exemple, la partie mobile 50 est mobile en translation par rapport à la bobine 45 selon l'axe de

la bobine 45.

[0036] Lorsque la partie mobile 50 est dans la première position, la partie mobile 50 est, par exemple, reçue au moins partiellement dans la bobine 45. Lorsque la partie mobile 50 est dans la deuxième position, la partie mobile 50 est au moins partiellement extraite de la bobine 45.

[0037] En complément facultatif, l'électro-aimant 35 comporte un ressort propre à exercer sur la partie mobile 50 une force tendant à ramener la partie mobile 50 de la deuxième position vers la première position.

[0038] Lorsque la partie mobile 50 est dans la première position, le contact mobile 25 est dans la position ouverte. Lorsque la partie mobile 50 est dans la deuxième position, le contact mobile 25 est dans la position fermée.

[0039] Le dispositif de commande 40 est configuré pour commander un déplacement de la partie mobile 50 depuis la première position vers la deuxième position.

[0040] Le dispositif de commande 40 comporte un organe d'alimentation 55, un organe de mesure 60, un organe d'échantillonnage 65 et un régulateur 70.

[0041] L'organe d'alimentation 55 est configuré pour alimenter la bobine 45 avec un deuxième courant électrique C2.

[0042] L'organe d'alimentation 55 comporte un circuit électrique 75 représenté sur la figure 2.

[0043] Le deuxième courant électrique C2 présente une intensité I. Le deuxième courant électrique C2 est propre à provoquer un déplacement de la partie mobile 50 depuis la première position jusqu'à la deuxième position lorsqu'une grandeur mesurée G présente une valeur de déplacement Vd. La grandeur mesurée G est, par exemple, l'intensité I.

[0044] Par exemple, la valeur de déplacement Vd est comprise entre 5 milliampères (mA) et 25 ampères (A).

[0045] En variante, la grandeur mesurée G est une tension du deuxième courant électrique C2.

[0046] Le deuxième courant électrique C2 est, en outre, propre à maintenir la partie mobile 50 dans la deuxième position lorsque la grandeur mesurée G est égale à une valeur de maintien Vm. La valeur de maintien Vm est strictement inférieure, en valeur absolue, à la valeur de déplacement Vd.

[0047] Par exemple, la valeur de maintien est comprise entre 5 mA et 25 A.

[0048] L'organe d'alimentation 55 est, par exemple, configuré pour générer le deuxième courant électrique C2 par modulation de largeur d'impulsion.

[0049] La modulation de largeur d'impulsion, connue également sous l'acronyme PWM, de l'anglais « Pulse Width Modulation », est une technique couramment utilisée pour synthétiser des courants électriques sous forme d'une succession d'impulsion de durée très courte devant les temps caractéristiques des systèmes alimentés. Par exemple, par l'ouverture et la fermeture rapide d'un interrupteur, un système est alimenté avec un courant électrique dont l'intensité moyenne est fixée par le rapport entre les temps d'ouverture et de fermeture de l'interrupteur.

[0050] Le circuit électrique 75 comporte un pont redresseur 80, une diode de protection 85, un premier interrupteur 90, une diode de roue libre 95, une résistance de mesure 100, un deuxième interrupteur 105 et une diode Zener 110. L'électro-aimant 35 est représenté dans le circuit électrique 75 par une inductance et une résistance en série.

[0051] Le pont redresseur 80 est configuré pour recevoir en entrée une tension d'entrée U_a et pour transformer la tension d'entrée U_a en tension redressée double alternance U_c . Ainsi, le pont redresseur 80 est configuré pour délivrer en sortie un courant électrique d'origine C_o . Le courant électrique d'origine C_o est un courant haché par l'interrupteur 90. La tension d'entrée U_a est, par exemple, une tension alternative. En variante, la tension d'entrée U_a est une tension continue.

[0052] La tension d'entrée U_a est imposée entre les points du pont redresseur 80 notés « A » et « B » sur la figure 2 par un générateur de tension alternative.

[0053] La tension continue U_c est mesurée entre les points notés « C » et « D » sur la figure 2.

[0054] La diode de protection 85 est interposée entre le pont redresseur 80 et le premier interrupteur 90, c'est-à-dire que le pont redresseur 80, la diode de protection 85 et le premier interrupteur 90 sont en série.

[0055] Le premier interrupteur 90 est configuré pour connecter et déconnecter alternativement la diode de protection 85 et la bobine 45 en fonction d'un signal de commande généré par le régulateur 70.

[0056] Le premier interrupteur 90 est, par exemple, un transistor. Les transistors Métal-Oxyde-Semiconducteur (« MOS ») sont des exemples particuliers de transistors. Les transistors bipolaires à grille isolée (plus connu sous l'acronyme anglais IGBT « Insulated Gate Bipolar Transistor ») sont d'autres exemples de transistor particulièrement adaptés aux circuits de forte puissance.

[0057] Le premier interrupteur 90 est prévu pour moduler le deuxième courant C_2 par modulation de largeur d'impulsion à partir du courant d'origine C_o . En particulier, le deuxième courant C_2 est obtenu, à partir du courant d'origine C_o , par l'ouverture et la fermeture successive du premier interrupteur 90.

[0058] La diode de roue libre 95 est placée en parallèle de l'ensemble formé par le pont redresseur 80, la diode de protection 85 et le premier interrupteur 90.

[0059] La résistance de mesure 100 est placée en série avec la bobine 45. En particulier, lorsque la bobine 45 est traversée par le deuxième courant électrique C_2 , la résistance de mesure 100 est également traversée par le deuxième courant électrique C_2 . Par exemple, le deuxième courant électrique C_2 traverse successivement, la bobine 45 et la résistance de mesure 100.

[0060] Selon un mode de réalisation, le deuxième interrupteur 105 est interposé entre la masse du circuit électrique 75 et la résistance de mesure 100. Le deuxième interrupteur 105 est, par exemple, un transistor MOS ou encore un transistor IGBT.

[0061] La diode Zener 110 est placée en parallèle du

deuxième interrupteur 105, en sens inverse. La diode Zener 110 protège donc le deuxième interrupteur 105 contre d'éventuelles surtensions, et permet aussi d'accélérer le déchargement de la bobine 45 lorsque le deuxième interrupteur 105 est ouvert..

[0062] L'organe de mesure 60 est configuré pour mesurer une valeur V de la grandeur mesurée G . Par exemple, l'organe de mesure 60 est configuré pour mesurer une tension aux bornes de la résistance de mesure 100 et pour calculer l'intensité I du deuxième courant C_2 à partir de la tension mesurée aux bornes de la résistance de mesure 100.

[0063] En variante, l'organe de mesure 60 est configuré pour mesurer une tension aux bornes de la bobine 45.

[0064] L'organe d'échantillonnage 65 est configuré pour acquérir des échantillons de la valeur V avec une période d'échantillonnage P_e , c'est-à-dire que chaque échantillon est acquis à un instant séparé de la période d'échantillonnage P_e des instants correspondant à l'échantillon précédent et à l'échantillon suivant.

[0065] La période d'échantillonnage P_e est, par exemple, inférieure ou égale à 500 ms. Par exemple, la période d'échantillonnage P_e est comprise entre 300 ms et 500 ms.

[0066] En variante, la période d'échantillonnage P_e est comprise entre 30 ms et 70 ms.

[0067] Le régulateur 70 est configuré pour réguler la valeur V de la grandeur mesurée G autour d'une valeur de consigne V_c .

[0068] Le régulateur 70 est configuré pour réguler la valeur V autour de la valeur de consigne V_c par un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur. Un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur est un algorithme de contrôle en boucle fermée utilisé communément dans des systèmes industriels. Un tel algorithme compare chaque échantillon mesuré à la valeur de consigne V_c et génère en retour une variable de contrôle égale à la somme :

- du produit d'un coefficient proportionnel K_p et d'une différence calculée entre la consigne V_c et la valeur de l'échantillon mesuré,
- du produit d'un coefficient intégrateur K_i et de la somme de toutes les différences calculées entre la consigne V_c et les échantillons mesurés jusqu'à l'instant considéré, et
- du produit d'un coefficient dérivateur K_d et de la dérivée de la valeur de la différence calculée.

[0069] La variable de contrôle est, par exemple, un taux d'ouverture du premier interrupteur 90. Le taux d'ouverture est défini comme étant un rapport entre les durées successives d'ouverture et de fermeture du premier interrupteur 90.

[0070] Le régulateur 70 est alors configuré pour réguler la valeur V de la grandeur mesurée G par modulation de largeur d'impulsion. En particulier, le régulateur 70 est

configuré pour commander l'ouverture et/ou la fermeture du premier interrupteur 90, selon un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur, en fonction des valeurs des échantillons mesurés.

[0071] Le régulateur 70 est, en outre, configuré pour modifier la valeur de consigne V_c entre la valeur de maintien V_m et la valeur de déplacement V_d .

[0072] L'organe de mesure 60, l'organe d'échantillonnage 65 et le régulateur 70 sont, par exemple, réalisés sous forme de circuit logique programmable ou encore de circuits intégrés dédiés.

[0073] En variante, le dispositif de commande 40 comporte un processeur et une mémoire, un logiciel de mesure, un logiciel d'acquisition et un logiciel de régulation étant mémorisés dans la mémoire. Lorsqu'ils sont exécutés sur le processeur, le logiciel de mesure, le logiciel d'acquisition et le logiciel de régulation forment respectivement l'organe de mesure 60, l'organe d'acquisition 65 et le régulateur 70.

[0074] Un ordinogramme des étapes d'un procédé de commande du dispositif d'activation 30 est représenté sur la figure 3.

[0075] Le procédé de commande comporte une étape 200 initiale, une première étape 210 d'alimentation, une étape 220 de déplacement, une étape 230 de transition, une étape 240 d'acquisition, une étape 250 de comparaison, une étape 260 de régulation, une étape 270 de détection et une deuxième étape 280 d'alimentation.

[0076] Lors de l'étape initiale 200, la partie mobile 50 est dans la première position. Le contact mobile 25 est donc dans la position ouverte, et le dispositif de commutation 10 empêche le premier courant C_1 de se propager depuis la borne d'entrée 15 jusqu'à la borne de sortie 20.

[0077] Au cours de la première étape d'alimentation 210, le régulateur 70 commande l'alimentation de la bobine 45 avec le deuxième courant électrique C_2 , la grandeur mesurée G présentant la valeur de déplacement V_d . En particulier, le régulateur 70 fixe la valeur de consigne V_c supérieure ou égale à la valeur de déplacement V_d , l'organe d'acquisition 65 acquiert des échantillons de la valeur V avec la période d'échantillonnage P_e et le régulateur 70 régule la valeur V de la grandeur mesurée G autour de la valeur de consigne V_c , selon un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur.

[0078] Au cours de la première étape d'alimentation 210, le coefficient dérivateur K_d est, par exemple, égal à 0, c'est-à-dire que l'algorithme est un algorithme proportionnel-intégrateur. Un algorithme proportionnel-intégrateur est un cas particulier d'algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur.

[0079] Au cours de la première étape d'alimentation 210, lorsque la période d'échantillonnage P_e est inférieure ou égale à 500 ms, le coefficient proportionnel K_p est, par exemple, compris entre 1% du coefficient intégrateur K_i et 10% du coefficient intégrateur K_i .

[0080] Suite à la mise en oeuvre de la première étape d'alimentation 210, la partie mobile 50 se déplace depuis la première position jusqu'à la deuxième position au

cours de l'étape de déplacement 220. A l'issue de l'étape de déplacement 220, le contact mobile 25 est dans la position fermée.

[0081] Au cours de l'étape de transition 230, le régulateur 70 commande l'ouverture du premier interrupteur 90 et laisse la bobine 45 se décharger en restituant une partie de l'énergie électrique contenue dans la bobine 45. Le courant traversant la résistance de mesure 100 diminue alors progressivement, à partir de la valeur de déplacement, pendant la décharge de la bobine 45.

[0082] Lorsque le courant traversant la résistance de mesure 100 atteint la valeur de maintien V_m , le régulateur 70 met en oeuvre l'étape d'acquisition 240. Au cours de l'étape d'acquisition 240, l'organe d'acquisition 65 acquiert au moins un échantillon de la valeur V de la grandeur mesurée G . En particulier, l'organe d'acquisition 65 acquiert un unique échantillon de la valeur V de la grandeur mesurée G .

[0083] Au cours de l'étape de comparaison 250, le régulateur compare l'échantillon mesuré à un seuil S prédéterminé. Le seuil S est compris strictement entre la valeur de déplacement V_d et la valeur de maintien V_m . Une différence entre le seuil S et la valeur de maintien V_m est inférieure ou égale, en valeur absolue, à 15 pourcents de la valeur de maintien V_m . De préférence, la différence entre le seuil S et la valeur de maintien V_m est inférieure ou égale, en valeur absolue, à 5 pourcents de la valeur de maintien V_m .

[0084] Si l'unique échantillon acquis au cours de l'étape d'acquisition 240 est strictement inférieur au seuil S , en valeur absolue, l'étape de comparaison 250 est suivie de l'étape de régulation 260.

[0085] Au cours de l'étape de régulation 260, le régulateur 70 commande l'alimentation de la bobine 45 avec le deuxième courant électrique C_2 , la grandeur mesurée G présentant la valeur de maintien V_m . En particulier, le régulateur 70 fixe la valeur de consigne V_c égale à la valeur de maintien V_m et régule la valeur V de la grandeur mesurée G autour de la valeur de consigne V_c selon un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur.

[0086] Au cours de l'étape de régulation 260, le coefficient dérivateur K_d est, par exemple, égal à 0, c'est-à-dire que l'algorithme est un algorithme proportionnel-intégrateur. Un algorithme proportionnel-intégrateur est un cas particulier d'algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur.

[0087] Au cours de l'étape de régulation 260, lorsque la période d'échantillonnage P_e est inférieure ou égale à 500 ms, le coefficient proportionnel K_p est, par exemple, compris entre 1% du coefficient intégrateur K_i et 10% du coefficient intégrateur K_i .

[0088] Les étapes d'acquisition 240, de comparaison 250 et de régulation 260 sont itérées successivement dans cet ordre avec la période d'échantillonnage P_e . Cela est représenté par une flèche 265 sur la figure 3.

[0089] Si l'échantillon mesuré est supérieur ou égal au seuil S , en valeur absolue, l'étape de comparaison 250 est suivie de l'étape de détection 270.

[0090] Lors de l'étape de détection 270, le régulateur 70 détecte un déplacement indésirable de la partie mobile 50, c'est-à-dire que le régulateur 70 considère que l'échantillon acquis à l'étape d'acquisition 240 et comparé au seuil S à l'étape de comparaison 250 est supérieur ou égal au seuil S à cause d'un choc entraînant un déplacement indésirable de la partie mobile 50. Par exemple, suite à un choc, la partie mobile 50 se trouve, lors de l'étape de détection 270, dans une position intermédiaire entre la première position et la deuxième position.

[0091] L'étape de détection 270 est alors suivie de la deuxième étape d'alimentation 280.

[0092] Au cours de la deuxième étape d'alimentation 280, le régulateur 70 commande l'alimentation de la bobine 45 avec le deuxième courant électrique C2, la grandeur mesurée G présentant la valeur de déplacement Vd. En particulier, le régulateur 70 fixe la valeur de consigne Vc égale à la valeur de déplacement Vd, l'organe d'acquisition 65 acquiert des échantillons de la valeur V avec la période d'échantillonnage Pe et le régulateur 70 régule la valeur V de la grandeur mesurée G autour de la valeur de consigne Vc selon un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur.

[0093] Au cours de la deuxième étape d'alimentation 280, le coefficient dérivateur Kd est, par exemple, égal à 0, c'est-à-dire que l'algorithme est un algorithme proportionnel-intégrateur.

[0094] Au cours de la deuxième étape d'alimentation 280, lorsque la période d'échantillonnage Pe est inférieure ou égale à 500 microsecondes, le coefficient proportionnel Kp est, par exemple, compris entre 1 % du coefficient intégrateur Ki et 10 % du coefficient intégrateur Ki.

[0095] En outre, au cours de la deuxième étape d'alimentation 280, la partie mobile 50 se déplace depuis la position intermédiaire jusqu'à la deuxième position P2 sous l'effet de la force électromagnétique générée par le passage du deuxième courant C2, la grandeur mesurée G présentant la valeur de déplacement Vd, dans la bobine 45.

[0096] Après la deuxième étape d'alimentation 280, l'étape de transition 230 est alors mise en oeuvre à nouveau. Cela est représenté sur la figure 3 par une flèche 285.

[0097] Quatre graphiques 290, 295, 300 et 305 ont été représentés sur la figure 4.

[0098] Les graphiques 290 à 305 décrivent le fonctionnement d'un dispositif de commutation de l'état de la technique, mettant en oeuvre un procédé de commande selon l'état de la technique, et subissant un choc entraînant un déplacement non souhaité de la partie mobile 50 de l'actionneur à un instant t égal à 125 millisecondes environ.

[0099] Le graphique 290 représente la variation au cours du temps de l'intensité du courant traversant la bobine de l'actionneur. Le choc subi entraîne une augmentation du courant traversant la bobine, qui apparaît sous la forme d'un pic 310.

[0100] Le graphique 295 représente la position de la

partie mobile au cours du temps, entre la deuxième position représentée par l'ordonnée « 0 » et la première position représentée par l'ordonnée « 5,5 ». L'ordonnée est graduée en millimètres sur le graphique 295.

5 **[0101]** Comme visible sur le graphique 295, le choc entraîne le déplacement de la partie mobile 50 depuis la deuxième position jusqu'à la première position, et la partie mobile 50 reste dans la première position après le choc.

10 **[0102]** Le graphique 300 représente la force magnétique exercée par la partie fixe de l'électroaimant sur la partie mobile 50 au cours du temps. Comme visible sur le graphique 300, la force magnétique exercée n'augmente pas lors de la détection du choc.

15 **[0103]** Le graphique 305 représente la force résistive exercée par le ou les ressorts. La force résistive augmente au moment du choc, puis diminue jusqu'à une valeur minimale, signe que la partie mobile 50 a atteint la première position et y demeure.

20 **[0104]** Quatre graphiques 315, 320, 325 et 330 ont été représentés sur la figure 5.

[0105] Les graphiques 315 à 330 décrivent le fonctionnement d'un dispositif de commutation selon l'invention, mettant en oeuvre un procédé de commande selon l'invention, et subissant un choc entraînant un déplacement non souhaité de la partie mobile 50 de l'actionneur à un instant t égal à 125 millisecondes environ. Chaque graphique 315, 320, 325 et 330 correspond respectivement à un graphique 290, 295, 300 et 305 de la figure 4 et est représenté avec les mêmes échelles, pour comparaison.

25 **[0106]** Le graphique 315 représente la variation au cours du temps de l'intensité I du deuxième courant C2 traversant la bobine 45. Suite au choc, l'intensité I augmente de manière plus importante que dans le cas du procédé de l'état de la technique, et sur une plus longue période. Cela est dû à la détection du choc par le régulateur 70 et à la mise en oeuvre de la deuxième étape d'alimentation 280.

30 **[0107]** Le graphique 320 représente la position de la partie mobile 50 au cours du temps, entre la deuxième position représentée par l'ordonnée « 0 » et la première position représentée par l'ordonnée « 5,5 ». L'ordonnée est graduée en millimètres sur le graphique 320. Comme visible sur le graphique 320, le choc entraîne un déplacement de faible amplitude, visible sous la forme d'un pic 335, de la partie mobile 50 depuis la deuxième position en direction de la première position, mais la partie mobile 50 revient rapidement dans la deuxième position et y demeure après le choc. Ce déplacement n'est pas suffisant pour entraîner l'ouverture du contact mobile 25.

35 **[0108]** Le graphique 325 représente la force magnétique exercée par la partie fixe 45 de l'électroaimant 35 sur la partie mobile 50 au cours du temps. Comme visible sur le graphique 325, la force magnétique exercée augmente de manière significative après la détection du choc. Cela est visible par la montée de l'effort magnétique jusqu'à un maximum 340 sur le graphique 325, correspondant à une valeur de courant Vd. Le graphique 330

représente la force résistive exercée par le ou les ressorts. La force résistive augmente au moment du choc, puis revient à la valeur qu'elle avait juste avant le choc, signe que la partie mobile revient à la deuxième position et y demeure. Cela apparaît sur le graphique 330 sous la forme d'un pic 345.

[0109] De par l'utilisation d'un algorithme de régulation proportionnel-intégrateur-dérivateur, la régulation de la grandeur mesurée G est très efficace et le deuxième courant C2 présente peu de variations en l'absence de choc. Le seuil S est donc proche de la valeur de maintien Vm, et la détection d'un seul échantillon supérieur ou égal au seuil S permet de détecter un choc. La détection d'un choc et du déplacement intempestif de la partie mobile 50 qu'il entraîne est donc très rapide. La mise en oeuvre de la deuxième étape d'alimentation 280 a alors lieu plus rapidement, et le déplacement de la partie mobile 50 est alors limité en amplitude, comme le montre le pic 335 à la figure 5.

[0110] Les risques d'ouverture du contact mobile 25 suite à un choc sont donc réduits, et l'appareil de commutation 10 est donc plus robuste. En particulier, le risque de fusion du contact mobile 25 ou des bornes d'entrée 15 et/ou de sortie 20 est alors réduit.

[0111] En outre, la valeur de maintien Vm est relativement faible. La consommation électrique de l'appareil de commutation 10 est donc réduite.

[0112] De plus, l'appareil de commutation 10 ne comporte pas de capteurs de déplacements. L'appareil de commutation 10 est donc aisé à fabriquer et à commander, et peu onéreux par rapport à un appareil de commutation comportant un capteur de déplacements.

[0113] L'appareil de commutation 10 a été décrit dans le cas où la partie mobile 50 de l'électro-aimant 35 est un noyau. Cependant, l'homme du métier comprendra que l'invention est susceptible de s'appliquer à un grand type d'électro-aimants comportant des parties mobiles de différents types.

[0114] Par exemple, la partie mobile est un circuit électrique mobile par rapport à la bobine 45.

[0115] En outre, le procédé de commande a été décrit dans le cas où la grandeur mesurée est l'intensité du deuxième courant C2. Dans d'autres modes de mise en oeuvre, la grandeur mesurée est une autre grandeur du deuxième courant C2, par exemple la tension du deuxième courant C2.

Revendications

1. Procédé de commande d'un dispositif d'actionnement (30) comprenant un électro-aimant (35) et un dispositif (40) de commande, l'électro-aimant (35) comprenant une bobine (45) et une partie (50) mobile par rapport à la bobine (45) entre une première position et une deuxième position, le dispositif de commande (40) comportant :

- un organe d'alimentation (55) configuré pour alimenter la bobine (45) avec un courant électrique (C2),
- un organe de mesure (60) configuré pour mesurer au moins une valeur (V) d'une grandeur mesurée (G) du courant électrique (C2),
- un organe d'échantillonnage (65) configuré pour acquérir au moins un échantillon de la valeur (V), et
- un régulateur (70) propre à réguler la valeur (V) de la grandeur mesurée (G) autour d'une valeur de consigne (Vc) ;

le procédé comportant des étapes de :

- alimentation (210) de l'électro-aimant (35) avec le courant électrique (C2), la grandeur mesurée (G) présentant une valeur de déplacement (Vd) propre à provoquer un déplacement de la partie mobile (50) de la première position vers la deuxième position,
- déplacement (220) de la partie mobile (50) depuis la première position jusqu'à la deuxième position,
- acquisition (240), avec une période d'échantillonnage (Pe), d'un échantillon de la valeur (V) mesurée,
- régulation (260) du courant électrique (C2) autour d'une valeur de consigne (Vc), la valeur de consigne (Vc) étant supérieure ou égale à une valeur de maintien (Vm) propre à maintenir la partie mobile (50) dans la deuxième position,
- comparaison (250) de chaque échantillon à un seuil (S) prédéterminé strictement supérieur à la valeur de maintien (Vm), et
- détection (270) d'un déplacement indésirable de la partie mobile (50) si un unique échantillon est supérieur ou égal au seuil (S), en valeur absolue,

le procédé étant **caractérisé en ce que** l'étape de régulation du courant électrique autour d'une valeur de consigne (Vc) est selon un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur.

2. Procédé de commande selon la revendication 1, dans lequel, suite à la détection d'un déplacement indésirable, le dispositif de commande (40) met en oeuvre une étape (280) d'alimentation de l'électro-aimant (35) avec le courant électrique (C2), la grandeur mesurée (G) présentant la valeur de déplacement (Vd).
3. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel une différence entre le seuil (S) et la valeur de maintien (Vm) est inférieure ou égale, en valeur absolue, à 15 pourcents de la valeur de maintien (Vm), de préférence infé-

rieure ou égale à 5 pourcents de la valeur de maintien (Vm).

4. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur présente un coefficient dérivateur (Kd) égal à zéro.
5. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la période d'échantillonnage (Pe) est inférieure ou égale à 500 microsecondes, un coefficient proportionnel (Kp) et un coefficient intégral (Ki) étant définis pour l'algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur, le coefficient proportionnel (Kp) étant compris entre 1 pourcent du coefficient intégral (Ki) et 10 pourcents du coefficient intégral (Ki).
6. Dispositif d'actionnement (30) comprenant un électro-aimant (35) et un dispositif de commande (40), l'électro-aimant (35) comprenant une bobine (45) et une partie (50) mobile par rapport à la bobine (45) entre une première position et une deuxième position, le dispositif de commande (40) comportant :

- un organe d'alimentation (55) configuré pour alimenter la bobine (45) avec un courant électrique (C2), le courant électrique (C2) étant propre à provoquer un déplacement de la partie mobile (50) de la première position vers la deuxième position lorsqu'une grandeur mesurée (G) du courant électrique (C2) présente une valeur de déplacement (Vd), et étant propre à maintenir la partie mobile (50) dans la deuxième position, lorsque cette grandeur mesurée (G) présente une valeur de maintien (Vm) strictement inférieure, en valeur absolue, à la valeur de déplacement (Vd),
- un organe (60) de mesure configuré pour mesurer au moins une valeur (V) de la grandeur mesurée (G),
- un organe (65) d'échantillonnage configuré pour acquérir des échantillons de la valeur (V) mesurée, avec une période d'échantillonnage (Pe) et
- un régulateur (70) propre à réguler la valeur (V) de la grandeur mesurée (G) autour d'une valeur de consigne (Vc) ;

le régulateur (70) étant configuré pour réguler la valeur (V) de la grandeur mesurée (G) selon un algorithme, pour comparer chaque échantillon mesuré à un seuil (S) prédéterminé strictement supérieur à la valeur de maintien (Vm) et pour détecter un déplacement indésirable de la partie mobile (50) si un unique échantillon de la valeur (V) mesurée est supérieur ou égal au seuil (S), en valeur absolue,

caractérisé en ce que ledit algorithme est un algorithme proportionnel-intégrateur-dérivateur.

7. Appareil (10) de commutation électrique comprenant une borne d'entrée (15), une borne de sortie (20), un contact mobile (25) et un dispositif d'actionnement (30) propre à déplacer le contact mobile (25) entre une position fermée dans laquelle la borne d'entrée (15) est électriquement connectée à la borne de sortie (20) et une position ouverte dans laquelle la borne d'entrée (15) est électriquement isolée de la borne de sortie (20), **caractérisé en ce que** le dispositif d'actionnement (30) est conforme à la revendication 6.
8. Appareil (10) de commutation électrique selon la revendication 7, dans lequel l'appareil de commutation électrique (10) est un contacteur.
9. Appareil (10) de commutation électrique selon la revendication 7, dans lequel l'appareil de commutation électrique (10) est un disjoncteur.
10. Appareil (10) de commutation électrique selon la revendication 7, dans lequel l'appareil de commutation électrique (10) est un relais électronique.
11. Appareil (10) de commutation électrique selon la revendication 7, dans lequel l'appareil de commutation électrique (10) est un inverseur de source.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Betätigungsvorrichtung (30), die einen Elektromagneten (35) und eine Steuervorrichtung (40) umfasst, wobei der Elektromagnet (35) eine Spule (45) und ein in Bezug auf die Spule (45) zwischen einer ersten Stellung und einer zweiten Stellung bewegliches Teil (50) umfasst, wobei die Steuervorrichtung (40) aufweist:
- ein Versorgungselement (45), das ausgebildet ist, die Spule (45) mit einem elektrischen Strom (C2) zu versorgen,
 - ein Messelement (60), das ausgebildet ist, mindestens einen Wert (V) einer gemessenen Größe (G) des elektrischen Stroms (C2) zu messen,
 - ein Abtastelement (65), das ausgebildet ist, mindestens eine Abtastung des Wertes (V) zu beschaffen, und
 - einen Regler (70), der geeignet ist, den Wert (V) der gemessenen Größe (G) um einen Sollwert (Vc) herum zu regeln;

wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- Versorgen (210) des Elektromagneten (35) mit dem elektrischen Strom (C2), wobei die gemessene Größe (G) einen Bewegungswert (Vd) aufweist, der geeignet ist, eine Bewegung des beweglichen Teils (50) von der ersten Stellung in die zweite Stellung hervorzurufen, 5
- Bewegen (220) des beweglichen Teils (50) von der ersten Stellung in die zweite Stellung,
- Bewegen (220) des beweglichen Teils (50) von der ersten Stellung in die zweite Stellung, 10
- Beschaffen (240) einer Abtastung des gemessenen Wertes (V) mit einer Abtastperiode (Pe),
- Regeln (260) des elektrischen Stroms (C2) um einen Sollwert (Vc) herum, wobei der Sollwert (Vc) größer oder gleich einem Haltewert (Vm) ist, der geeignet ist, das bewegliche Teil (50) in der zweiten Stellung zu halten, 15
- Vergleichen (250) jeder Abtastung mit einer vorbestimmten Schwelle (S), die streng größer als der Haltewert (Vm) ist, und 20
- Detektieren (270) einer unerwünschten Bewegung des beweglichen Teils (50), wenn eine einzige Abtastung im Absolutwert größer oder gleich der Schwelle (S) ist, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet ist, dass** der Schritt des Regels des elektrischen Stroms um einen Sollwert (Vc) herum gemäß einem PID-Algorithmus durchgeführt wird. 25
2. Steuerverfahren nach Anspruch 1, bei dem nach dem Detektieren einer unerwünschten Bewegung die Steuervorrichtung (40) einen Schritt (280) der Versorgung des Elektromagneten (35) mit dem elektrischen Strom (C2) durchführt, wobei die gemessene Größe (G) den Bewegungswert (Vd) aufweist. 30
3. Steuerverfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 und 2, bei dem die Differenz zwischen der Schwelle (S) und dem Haltewert (Vm) im Absolutwert kleiner oder gleich 15 Prozent des Haltewerts (Vm), vorzugsweise kleiner oder gleich 5 Prozent des Haltewerts (Vm) beträgt. 35
4. Steuerverfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der PID-Algorithmus einen Differenzierbeiwert (Kd) gleich null aufweist. 40
5. Steuerverfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Abtastperiode (Pe) kleiner oder gleich 500 Mikrosekunden ist, wobei ein Proportionalkoeffizient (Kp) und ein Integralkoeffizient (Ki) für den PID-Algorithmus definiert ist, wobei der Proportionalkoeffizient (Kp) zwischen 1 Prozent des Integralkoeffizienten (Ki) und 10 Prozent des Integralkoeffizienten (Ki) liegt. 45
6. Betätigungsvorrichtung (30), die einen Elektromagneten (35) und eine Steuervorrichtung (40) umfasst, 50
- wobei der Elektromagnet (35) eine Spule und ein in Bezug auf die Spule (45) zwischen einer ersten Stellung und einer zweiten Stellung bewegliches Teil (50) umfasst, wobei die Steuervorrichtung (40) aufweist:
- ein Versorgungselement (55), das ausgebildet ist, die Spule (45) mit einem elektrischen Strom (C2) zu versorgen, wobei der elektrische Strom (C2) geeignet ist, eine Bewegung des beweglichen Teils (50) von der ersten Stellung in die zweite Stellung hervorzurufen, wenn eine gemessene Größe (G) des elektrischen Stroms (C2) einen Bewegungswert (Vd) aufweist, und geeignet ist, das bewegliche Teil (50) in der zweiten Stellung zu halten, wenn diese gemessene Größe (G) einen Haltewert (Vm) als absoluten Wert streng kleiner als der Bewegungswert (Vd) aufweist,
- ein Messelement (60), das ausgebildet ist, mindestens einen Wert (V) der gemessenen Größe (G) zu messen,
- ein Abtastelement (65), das ausgebildet ist, Abtastungen des gemessenen Werts (V) mit einer Abtastperiode (Pe) zu beschaffen und
- einen Regler (70), der geeignet ist, den Wert (V) der gemessenen Größe (G) um einen Sollwert (Vc) herum zu regeln;
- wobei der Regler (70) ausgebildet ist, den Wert (V) der gemessenen Größe (G) gemäß einem Algorithmus zu regeln, um jede gemessene Abtastung mit einer vorbestimmten Schwelle (S) streng größer als der Haltewert (Vm) zu vergleichen und um eine ungewünschte Bewegung des beweglichen Teils (50) zu detektieren, wenn eine einzige Abtastung des gemessenen Werts (V) als Absolutwert größer oder gleich der Schwelle (S) ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Algorithmus ein PID-Algorithmus ist. 55
7. Elektrisches Schaltgerät (10), das eine Eingangsklemme (15), eine Ausgangsklemme (20), einen beweglichen Kontakt (25) und eine Betätigungsvorrichtung (30), die geeignet ist, den beweglichen Kontakt (25) zwischen einer geschlossenen Stellung, in der die Eingangsquelle (15) elektrisch mit der Ausgangsklemme (20) verbunden ist, und einer Offenstellung, in der die Eingangsquelle (15) elektrisch von der Ausgangsklemme (20) isoliert ist, umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betätigungsvorrichtung (30) nach Anspruch 6 ausgebildet ist.
8. Elektrisches Schaltgerät (10) nach Anspruch 7, bei dem das elektrische Schaltgerät (10) ein Schütz ist.
9. Elektrisches Schaltgerät (10) nach Anspruch 7, bei dem das elektrische Schaltgerät (10) ein Schutz-

schalter ist.

10. Elektrisches Schaltgerät (10) nach Anspruch 7, bei dem das elektrische Schaltgerät (10) ein elektronisches Relais ist.
11. Elektrisches Schaltgerät (10) nach Anspruch 7, bei dem das elektrische Schaltgerät (10) ein Quellenumschalter ist.

Claims

1. Method for controlling an actuating device (30) comprising an electromagnet (35) and a control device (40), the electromagnet (35) comprising a coil (45) and a part (50) that is movable relative to the coil (45) between a first position and a second position, the control device (40) comprising:

- a supply member (55) configured to supply the coil (45) with an electric current (C2),
- a measuring member (60) configured to measure at least one value (V) of a measured quantity (G) of the electric current (C2),
- a sampling member (65) configured to acquire at least one sample of the value (V), and
- a regulator (70) capable of regulating the value (V) of the measured quantity (G) about a set-point value (Vc);

the method comprising steps of:

- supplying (210) the electromagnet (35) with the electric current (C2), the measured quantity (G) having a displacement value (Vd) capable of causing the displacement of the movable part (50) from the first position to the second position,
- displacing (220) the movable part (50) from the first position to the second position,
- acquiring (240), with a sampling period (Pe), a sample of the measured value (V),
- regulating (260) the electric current (C2) about a set-point value (Vc), the set-point value (Vc) being greater than or equal to a maintenance value (Vm) capable of maintaining the movable part (50) in the second position,
- comparing (250) each sample with a predetermined threshold (S) which is strictly greater than the maintenance value (Vm), and
- detecting (270) an undesired displacement of the movable part (50) if a single sample is greater than or equal to the threshold (S), in terms of absolute value,

the method being **characterised in that** the step of regulating the electric current about a set-point value (Vc) is in accordance with a proportional-integral-

derivative algorithm.

2. Control method according to claim 1, wherein, following the detection of an undesired displacement, the control device (40) carries out a step (280) of supplying the electromagnet (35) with the electric current (C2), the measured quantity (G) having the displacement value (Vd).
3. Control method according to either claim 1 or claim 2, wherein a difference between the threshold (S) and the maintenance value (Vm) is less than or equal, in terms of absolute value, to 15 percent of the maintenance value (Vm), preferably less than or equal to 5 percent of the maintenance value (Vm).
4. Control method according to any one of claims 1 to 3, wherein the proportional-integral-derivative algorithm has a derivative coefficient (Kd) equal to zero.
5. Control method according to any one of claims 1 to 4, wherein the sampling period (Pe) is less than or equal to 500 microseconds, a proportional coefficient (Kp) and an integral coefficient (Ki) being defined for the proportional-integral-derivative algorithm, the proportional coefficient (Kp) being between 1 percent of the integral coefficient (Ki) and 10 percent of the integral coefficient (Ki).
6. Actuating device (30) comprising an electromagnet (35) and a control device (40), the electromagnet (35) comprising a coil (45) and a part (50) that is movable relative to the coil (45) between a first position and a second position, the control device (40) comprising:
- a supply member (55) configured to supply the coil (45) with an electric current (C2), the electric current (C2) being capable of causing the displacement of the movable part (50) from the first position to the second position when a measured quantity (G) of the electric current (C2) has a displacement value (Vd), and being capable of maintaining the movable part (50) in the second position when that measured quantity (G) has a maintenance value (Vm) strictly less, in terms of absolute value, than the displacement value (Vd),
 - a measuring member (60) configured to measure at least one value (V) of the measured quantity (G),
 - a sampling member (65) configured to acquire samples of the measured value (V), with a sampling period (Pe), and
 - a regulator (70) capable of regulating the value (V) of the measured quantity (G) around a set-point value (Vc);

the regulator (70) being configured to regulate the value (V) of the measured quantity (G) in accordance with an algorithm, to compare each measured sample with a predetermined threshold (S) which is strictly greater than the maintenance value (Vm), and to detect an undesired displacement of the movable part (50) if a single sample of the measured value (V) is greater than or equal to the threshold (S), in terms of absolute value,
characterised in that said algorithm is a proportional-integral-derivative algorithm.

- 7. Electrical switching apparatus (10) comprising an input terminal (15), an output terminal (20), a movable contact (25) and an actuating device (30) capable of displacing the movable contact (25) between a closed position in which the input terminal (15) is electrically connected to the output terminal (20) and an open position in which the input terminal (15) is electrically isolated from the output terminal (20), **characterised in that** the actuating device (30) is in accordance with claim 6.
- 8. Electrical switching apparatus (10) according to claim 7, wherein the electrical switching apparatus (10) is a contactor.
- 9. Electrical switching apparatus (10) according to claim 7, wherein the electrical switching apparatus (10) is a circuit breaker.
- 10. Electrical switching apparatus (10) according to claim 7, wherein the electrical switching apparatus (10) is an electronic relay.
- 11. Electrical switching apparatus (10) according to claim 7, wherein the electrical switching apparatus (10) is a source inverter.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

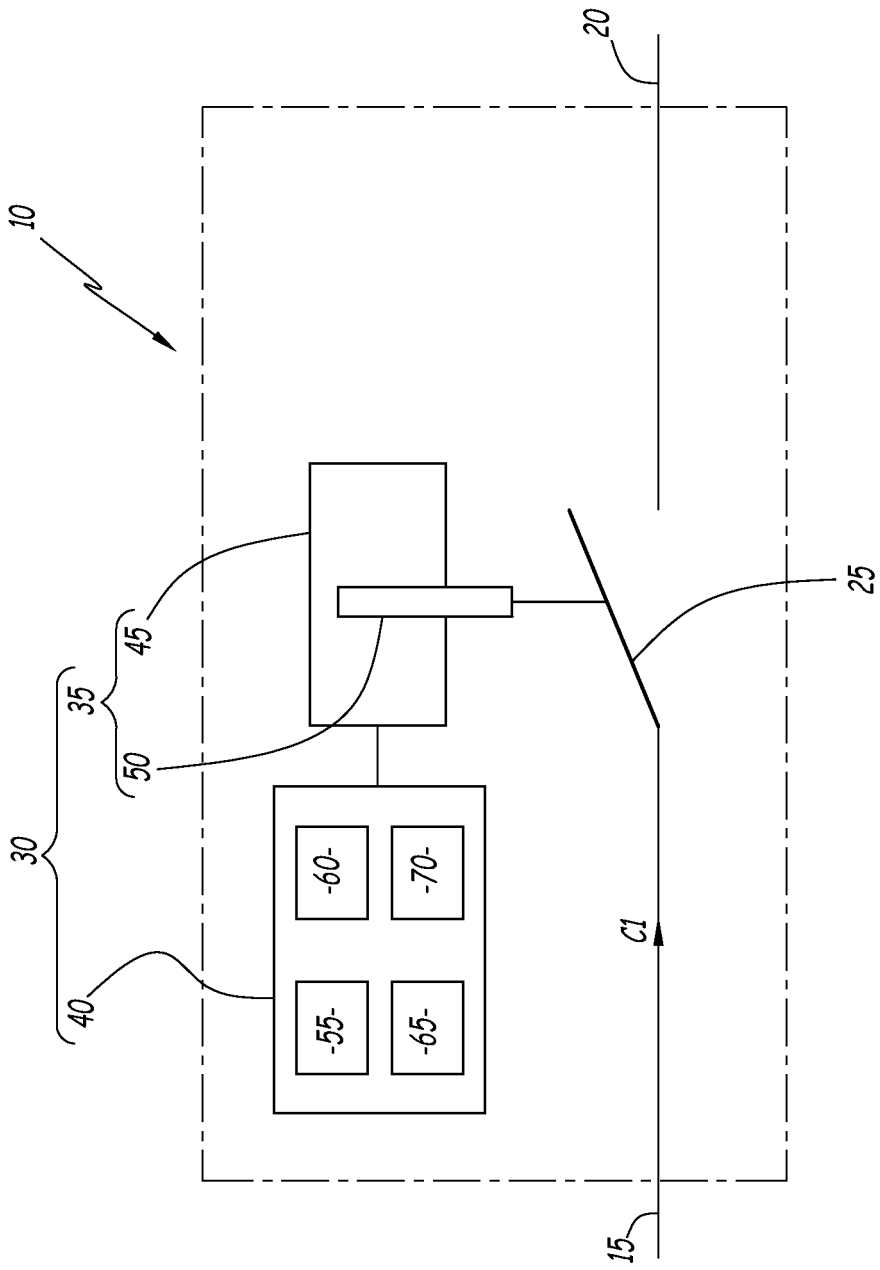


Fig.1

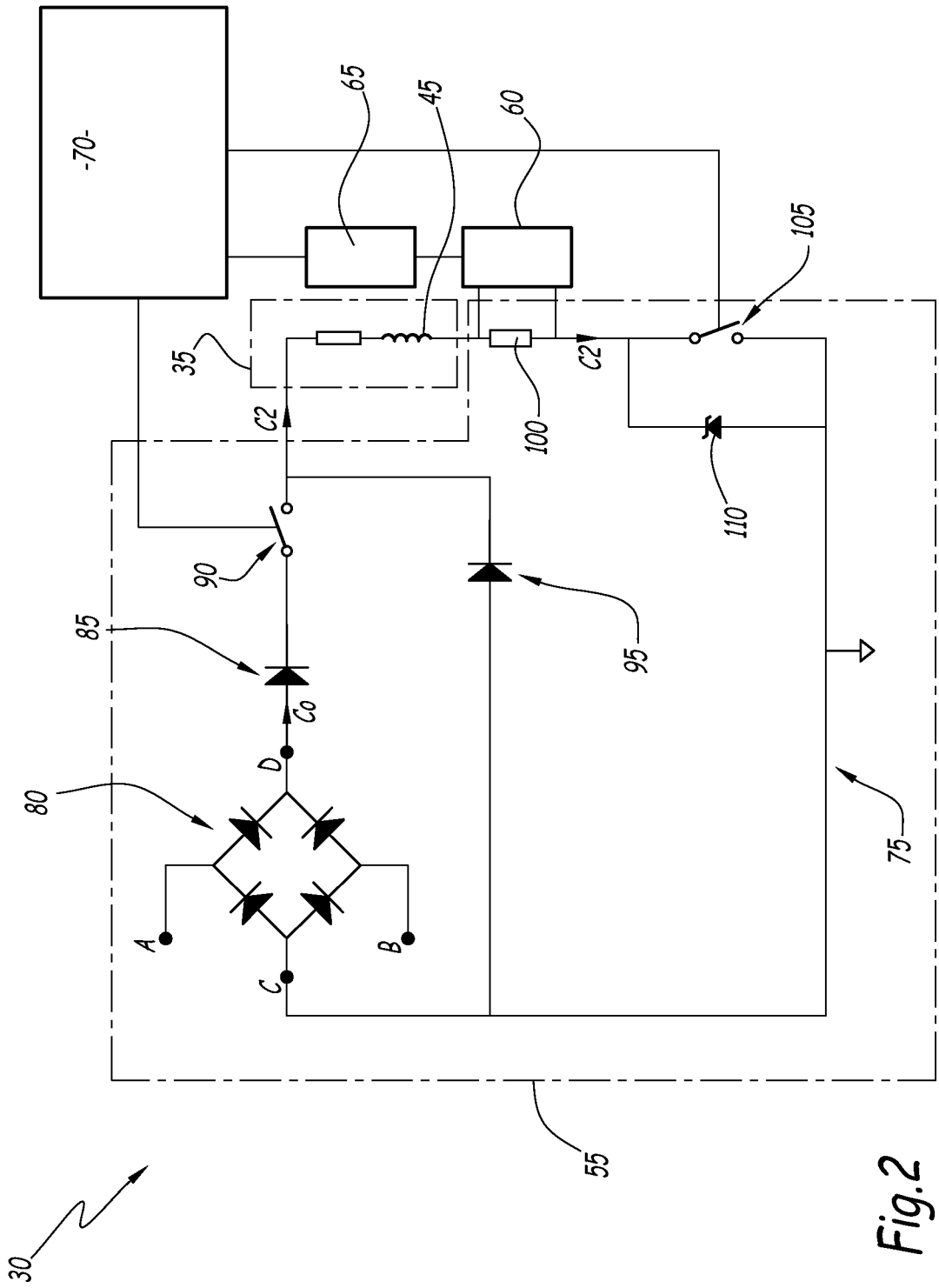


Fig. 2

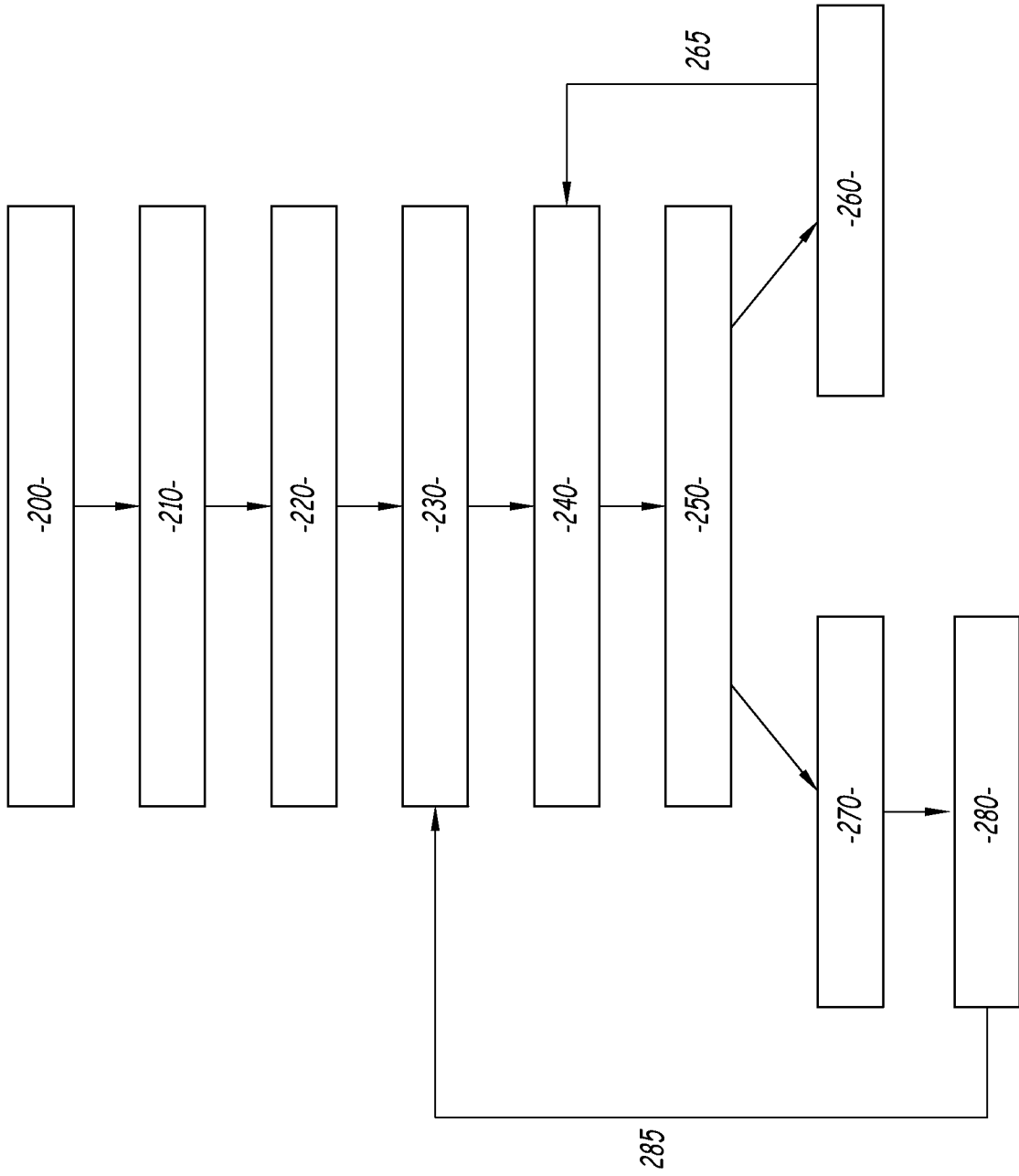


Fig.3

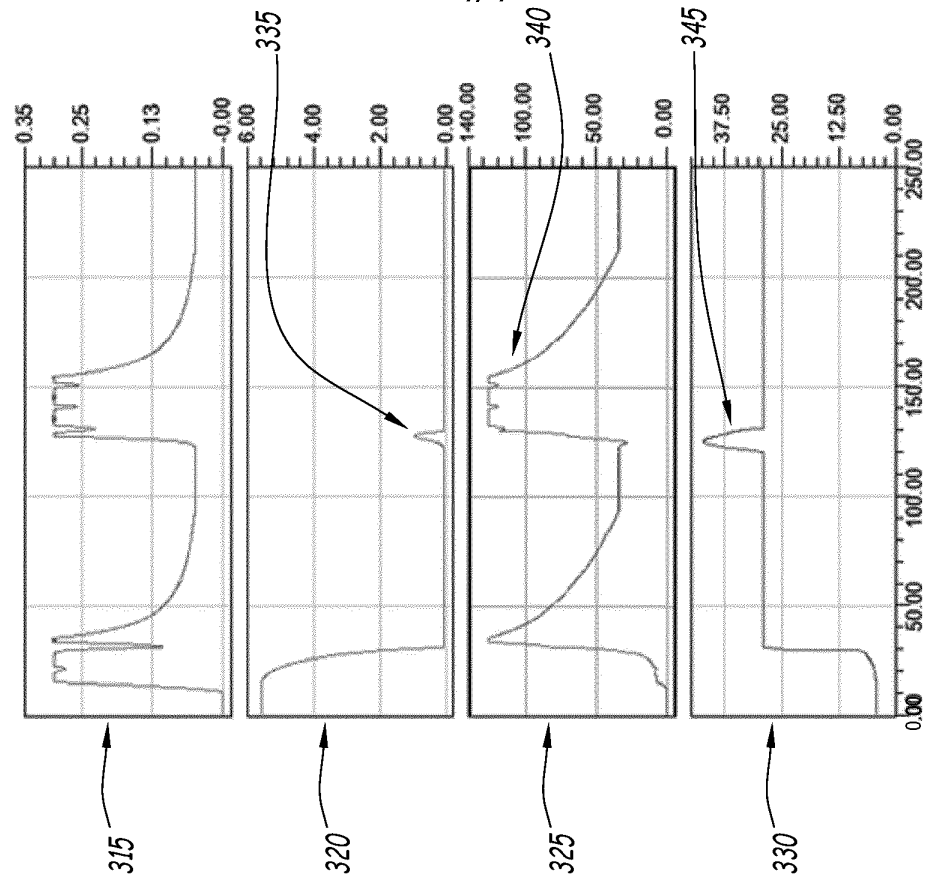


Fig.5

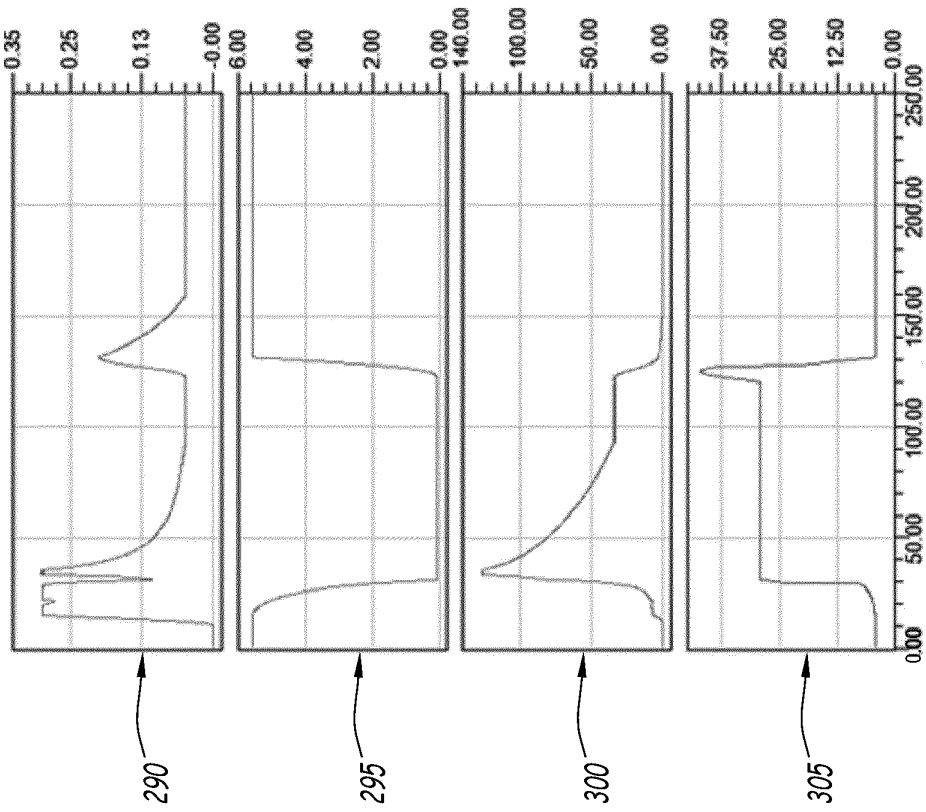


Fig.4

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 2786915 A1 [0005]
- US 6188562 B1 [0007]