



(11) **EP 2 984 671 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
17.05.2017 Bulletin 2017/20

(51) Int Cl.:
H01H 47/00 (2006.01) H01H 47/22 (2006.01)
H01H 47/32 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14716833.0**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2014/057361

(22) Date de dépôt: **11.04.2014**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/167089 (16.10.2014 Gazette 2014/42)

(54) **CONTACTEUR ELECTRIQUE ET PROCEDE DE PILOTAGE D'UNE BOBINE
ELECTROMAGNETIQUE DANS UN TEL CONTACTEUR**

ELEKTRISCHER KONTAKTOR UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINER
ELEKTROMAGNETISCHEN SPULE IN EINEM DERARTIGEN KONTAKTOR

ELECTRICAL CONTACTOR AND METHOD FOR CONTROLLING AN ELECTROMAGNETIC COIL
IN SUCH A CONTACTOR

(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**

- **GEFFROY, Vincent**
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)
- **LAPIERE, Christophe**
F-38050 Grenoble (FR)

(30) Priorité: **12.04.2013 FR 1353328**

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

(43) Date de publication de la demande:
17.02.2016 Bulletin 2016/07

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

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 200 050 EP-A2- 1 521 284
US-A1- 2005 047 052

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

EP 2 984 671 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 contacteur électrique et un procédé de pilotage d'une bobine électromagnétique d'un tel contacteur.

[0002] Le contacteur électrique comprend au moins une embase et un module de commande. L'embase comprend au moins une paire de contacts fixes et, pour chaque paire de contacts fixes, un contact mobile entre une position fermée et une position ouverte. Plus précisément, les contacts fixes sont reliés électriquement entre eux, lorsque le contact mobile est en position fermée, et isolés électriquement l'un de l'autre, lorsque le contact mobile est en position ouverte. L'embase inclut également une bobine électromagnétique apte à commander le ou chaque contact mobile en position fermée ou en position ouverte, et la bobine est caractérisée par une tension de consigne de pilotage. Le module de commande comprend un module électronique de pilotage de la bobine électromagnétique.

[0003] Un enjeu persistant dans le domaine des contacteurs électriques est de faire fonctionner le contacteur avec un panel large et complet de tensions d'alimentation. Ainsi, il est connu de réaliser une adaptation en tension entre la tension d'alimentation du contacteur et la bobine électromagnétique. Cette adaptation est plus particulièrement nécessaire lors de la commande du ou de chaque contact mobile en position fermée. L'objectif est d'avoir une bobine unique quelle que soit la tension d'alimentation du contacteur. Pour cela, il est nécessaire que la tension de consigne de pilotage de la bobine soit inférieure à la tension d'alimentation minimale du contacteur.

[0004] Dans le domaine de la régulation en tension d'un contacteur électrique, il est connu, qu'une bobine électromagnétique de faible tension de consigne de pilotage, associée à un module électronique de pilotage alimenté avec une tension élevée, c'est-à-dire par exemple 240 Volts, consomme un courant important. Le document US 2005/047052 A1 décrit un contacteur électrique selon le préambule de la revendication 1. Il est aussi connu de US-A-5 914 850 d'effectuer une adaptation en tension entre la tension d'alimentation du contacteur et la bobine électromagnétique, à partir de moyens de contrôle de la bobine électromagnétique. Les moyens de contrôle de la bobine électromagnétique sont aptes à générer un signal destiné à être appliqué à l'électrode de commande du contacteur. Un redresseur est en outre utilisé afin de fournir à la bobine une tension positive, et la régulation est efficace uniquement lorsque la tension en sortie du redresseur est supérieure à la tension de consigne de pilotage de la bobine. Ceci implique que si l'on calcule la valeur moyenne de la tension appliquée à la bobine lorsque la tension en sortie du redresseur est supérieure à la tension de consigne de la bobine, on n'obtient pas le même résultat pour une tension d'alimentation du contacteur égale à 110 volts et pour une tension d'alimentation du contacteur égale à 220 volts. Ceci entraîne alors des différences dans les temps de fonctionnement, c'est-à-dire dans la dynamique ou le temps de fermeture de chaque contact mobile.

[0005] Le but de l'invention est donc de proposer un contacteur électrique qui, lors de la commande du ou de chaque contact mobile en position fermée, permet de réduire les différences dans les temps de fonctionnement entre une tension d'alimentation du contacteur en 110V et une tension d'alimentation du contacteur en 220V.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un contacteur électrique comprenant au moins une paire de contacts fixes et pour chaque paire de contacts fixes un contact mobile entre une position fermée et une position ouverte, les contacts fixes étant, en position fermée du contact mobile, reliés électriquement entre eux via le contact mobile, et étant isolés électriquement l'un de l'autre en position ouverte du contact mobile, une bobine électromagnétique apte à commander le ou chaque contact mobile en position fermée ou en position ouverte, et un module électronique de pilotage de la bobine électromagnétique, comportant un commutateur connecté en série de la bobine et un dispositif de commande du commutateur, le commutateur comportant deux électrodes de conduction et une électrode de commande, ledit dispositif de commande comportant des moyens de calcul d'un signal modulé en largeur d'impulsion et des moyens d'application du signal calculé à l'électrode de commande du commutateur. Conformément à l'invention, le signal modulé en largeur d'impulsion présente un rapport cyclique de valeur variable au cours du temps, lors de la commande du ou de chaque contact mobile en position fermée.

[0007] Selon des aspects avantageux de l'invention, le contacteur électrique comprend en outre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement admissibles :

- le module électronique de pilotage comprend en outre un générateur de tension positive, tel qu'un redresseur relié au commutateur et à la bobine connectés en série et propre à fournir une tension positive au commutateur et à la bobine, alors que le dispositif de commande comporte des moyens de mesure de la tension positive, et la valeur du rapport cyclique dépend de ladite tension mesurée ;
- la valeur du rapport cyclique dépend de ladite tension positive mesurée uniquement lors de la commande du ou de chaque contact mobile en position fermée ;
- le rapport cyclique est égal à la somme d'un premier terme de valeur constante et d'un second terme de valeur variable au cours du temps ;
- le premier terme est fonction d'une tension de consigne de pilotage de la bobine et de la valeur initiale de la tension positive, mesurée au moment de la commande de fermeture du ou de chaque contact mobile ;
- le second terme est fonction de la dernière valeur mesurée de la tension positive ; et

- les moyens de mesure de la tension sont propres à échantillonner la tension positive mesurée selon une fréquence d'échantillonnage, alors que les moyens de calculs sont aptes à calculer le second terme en fonction du dernier échantillon de tension positive et selon une période de calcul égale à l'inverse de la fréquence d'échantillonnage, et les moyens de calculs sont aptes à mettre à jour la valeur du rapport cyclique, à l'aide du second terme, à chaque période de calcul.

[0008] L'invention a également pour objet un procédé de pilotage d'une bobine électromagnétique d'un contacteur, lequel contacteur comprend, au moins une paire de contacts fixes et, pour chaque paire de contacts fixes, un contact mobile entre une position fermée et une position ouverte, la bobine électromagnétique, et un module électronique de pilotage de la bobine comprenant un commutateur connecté en série de la bobine et un dispositif de commande du commutateur, la bobine étant apte à commander le ou chaque contact mobile en position fermée ou ouverte, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- a) le calcul, par le dispositif de commande, d'un signal modulé en largeur d'impulsion, et
- b) l'application du signal calculé à une électrode de commande du commutateur. Conformément à l'invention, lors de l'étape de calcul, le signal modulé en largeur d'impulsion est calculé avec un rapport cyclique de valeur variable au cours du temps lors de la commande du ou de chaque contact mobile en position fermée.

[0009] Selon des aspects avantageux de l'invention, le procédé de pilotage de la bobine électromagnétique du contacteur comprend en outre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement admissibles :

- précédemment à l'étape a) le procédé comprend la mesure d'une tension positive, aux bornes d'un générateur de tension positive, tel qu'un redresseur, lequel redresseur est relié au commutateur et à la bobine connectés en série, et est propre à fournir la tension positive au commutateur et à la bobine, tandis qu'au cours de l'étape a) le rapport cyclique du signal modulé en largeur d'impulsion calculé dépend de la tension positive mesurée uniquement lors de la commande du ou de chaque contact mobile en position fermée ;
- l'étape a) comporte plusieurs étapes consistant à :
 - a1) le calcul d'un premier terme de valeur constante
 - a2) le calcul d'un second terme de valeur variable au cours du temps
 - a3) le calcul du rapport cyclique en sommant le premier terme et le second terme, et à la suite de l'étape b) on retourne à l'étape a2), tant que le ou chaque contact mobile n'est pas en position fermée ;
- au cours de l'étape a1), le premier terme est calculé en fonction d'une tension de consigne de pilotage de la bobine et de la valeur initiale de la tension positive, cette valeur initiale étant mesurée au moment de la commande de fermeture du ou de chaque contact mobile, au cours de l'étape de mesure, et le rapport cyclique est fixé égal à ce premier terme ;
- au cours de l'étape a2), le second terme est calculé en fonction de la dernière valeur de la tension positive mesurée ;
- au cours de l'étape a1) le premier terme est calculé avec l'équation suivante :

$$T1 = \alpha(0) = U_A/U_E(0),$$

avec $\alpha(0)$ représentant une valeur initiale du rapport cyclique,
au cours de l'étape a2) le second terme est calculé avec l'équation suivante :

$$T2 = G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau,$$

$\alpha(\tau)$ et $U_E(\tau)$ représentant respectivement les valeurs du rapport cyclique et de la tension positive au temps τ et G un gain de valeur prédéterminée,
au cours de l'étape a3) le rapport cyclique étant calculé avec l'équation suivante :

$$\alpha(t) = \alpha(0) + G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau = T1 + T2 \quad ;$$

5 et

- suite à l'étape b), le commutateur commute avec une certaine fréquence en fonction du rapport cyclique et modifie ainsi la tension aux bornes de la bobine.

10 **[0010]** Grâce à l'invention, la fermeture complète des contacts mobiles du contacteur est assurée, le temps de fermeture des contacts mobiles est sensiblement constant quelle que soit la tension d'alimentation du contacteur, et la régulation en tension prend en compte des évolutions des différentes tensions dans le contacteur au cours du temps puisque le rapport cyclique varie dans le temps. Plus précisément, la régulation en tension prend en compte d'éventuelles chutes de tension dans le contacteur. De plus, la régulation permet de corriger la tension délivrée à la bobine afin de prendre en compte le cas où, la tension instantanée appliquée à la bobine et au commutateur connectés en série est inférieure

15 à la tension de consigne de pilotage de la bobine.

[0011] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront à la lumière de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un contacteur conforme à l'invention, comprenant une paire de contacts fixes, un contact mobile propre à ouvrir ou fermer la liaison électrique entre les contacts fixes, une bobine électromagnétique de commande du contact mobile et un module de pilotage de la bobine, ledit module comportant un commutateur connecté en série de la bobine ;
- la figure 2 est une représentation, partielle, d'un schéma électrique simplifié du contacteur de la figure 1 ;
- la figure 3 est un schéma bloc représentant des moyens de calcul d'un rapport cyclique d'un signal modulé en largeur d'impulsion destiné à être appliqué au commutateur du contacteur de la figures 1 ;
- la figure 4 est un organigramme d'un procédé, conforme à l'invention, de pilotage de la bobine de la figure 1 ;
- la figure 5 est un ensemble de deux courbes représentant le courant traversant la bobine de la figure 1 en fonction du temps, lors de la commande de fermeture du contact mobile de la figure 1, pour une tension d'alimentation du contacteur de 115 volts et respectivement pour une tension d'alimentation du contacteur de 230 volts ;
- la figure 6 est un ensemble de deux courbes représentant le déplacement du contact mobile de la figure 1 en fonction du temps, lors de la commande de fermeture du contact mobile, pour une tension d'alimentation du contacteur de 115 volts, et respectivement pour une tension d'alimentation du contacteur égale à 230 volts ;
- la figure 7 est un ensemble de deux courbes, une première courbe représentant l'évolution d'un rapport cyclique en fonction du temps, le rapport cyclique étant propre à un signal modulé en largeur d'impulsion calculé par un dispositif de commande compris dans le contacteur de la figure 1 et la deuxième courbe représentant la tension aux bornes de la bobine électromagnétique et du commutateur du contacteur de la figure 1 connectés en série, en fonction du temps.

40 **[0012]** A la figure 1 un contacteur 10 est représenté. Le contacteur 10 comprend une embase 12 et un module électronique 13 de pilotage d'une bobine électromagnétique 14. Cette bobine électromagnétique 14 est caractérisée par une tension de consigne de pilotage U_A .

[0013] L'embase 12 comporte la bobine électromagnétique 14, ainsi qu'au moins une paire de contacts fixes 16 et, pour chaque paire de contacts fixes 16, un contact 17, mobile entre une position fermée et une position ouverte. Les contacts fixes 16 sont, en position fermée du contact mobile 17, reliés électriquement entre eux via le contact mobile 17, et sont isolés électriquement l'un de l'autre en position ouverte du contact mobile 17. Chaque contact fixe 16 est destiné à être relié à un câble de liaison électrique. De plus, l'embase 12 comprend un connecteur 20 de connexion du module électronique de pilotage 13.

50 **[0014]** Le module électronique de pilotage 13 est destiné à être alimenté par un organe d'alimentation 22 et comprend une carte électronique 24. La carte électronique 24 comprend un commutateur 26, un générateur d'une tension positive, variable au cours du temps ou continue, tel qu'un redresseur 27, un dispositif 28 de commande du commutateur 26, et des moyens 30 de protection, telle qu'une varistance en parallèle et une résistance série de limitation.

[0015] La bobine électromagnétique 14 est apte à commander chaque contact mobile 17 en position fermée ou en position ouverte.

55 **[0016]** L'organe d'alimentation 22 est propre à délivrer une tension U_C d'alimentation du module électronique de pilotage 13, comme représenté sur la figure 2. La tension d'alimentation U_C est, par exemple, égale à 48 Volts, 110 Volts, 220 Volts ou encore 400 Volts, en courant continu ou alternatif. L'embase 12 comprend la même bobine électromagnétique 14 quelle que soit la tension U_C d'alimentation du module de pilotage 13, tandis que le module de pilotage 13 est différent suivant la tension d'alimentation U_C . Ainsi le module électronique de pilotage 13 à connecter au connecteur

20 est choisi en fonction de la tension d'alimentation U_C . Le module de pilotage 13 diffère, entre les différentes valeurs de la tension d'alimentation U_C , notamment en ce qui concerne le redresseur 27.

[0017] Le commutateur 26 comprend deux électrodes de conduction et une électrode de commande qui ne sont pas représentées sur les différentes figures. Comme visible à la figure 2, le commutateur 26 est connecté en série de la bobine 14.

[0018] Le redresseur 27 est propre à délivrer une tension continue U_E aux bornes de l'ensemble formé par le commutateur 26 et la bobine 14 connectés en série. Le redresseur 27 est, par exemple, un pont de diodes qui réalise un redressement double alternance.

[0019] Le dispositif de commande 28 inclut des moyens 31 de calcul d'un signal modulé en largeur d'impulsion S1, et une liaison électrique 32 avec le commutateur 26 afin d'appliquer le signal calculé S1 au commutateur 26, et plus spécifiquement à l'électrode de commande du commutateur 26, comme représenté sur la figure 1.

[0020] En outre, le dispositif de commande 28 comporte des moyens 34 de mesure de la tension positive U_E en sortie du redresseur 27. Comme visible à la figure 2, les moyens de mesure 34 sont connectés en sortie du redresseur 27, tandis que les moyens de protection 30 sont connectés entre l'organe d'alimentation 22 et le redresseur 27.

[0021] Les moyens de calcul 31 sont propres à calculer le signal modulé en largeur d'impulsion S1 avec une valeur du rapport cyclique α variable au cours du temps. La valeur du rapport cyclique α dépend par exemple de la tension positive U_E . Les moyens de calcul 31 sont propres à calculer un premier terme T1 de valeur constante et un second terme T2 de valeur variable au cours du temps et à sommer ces termes T1, T2 pour obtenir le rapport cyclique α . Le rapport cyclique α du signal modulé en largeur d'impulsion S1 est alors bien de valeur variable au cours du temps puisqu'il est égal à la somme des premier et second termes T1, T2.

[0022] La tension positive U_E en sortie du redresseur 27 est égale à la valeur efficace mesurée par les moyens de mesure 34, multipliée par un facteur Z propre au redresseur 27. Dans le cas d'un redresseur double alternance et sans dispositif particulier en sortie du redresseur, le facteur Z est égal à 0,9.

[0023] Le signal S1 est propre à être appliqué à l'électrode de commande du commutateur 26 afin de le commander. Ainsi, lorsque le signal S1 est à « l'état haut », le commutateur 26 est fermé et le courant passe à travers la bobine 14, et lorsque le signal S1 est à « l'état bas », le commutateur 26 est ouvert et le courant ne passe pas à travers la bobine 14. Le rapport cyclique α détermine, pour une période de hachage du commutateur 26, le pourcentage de temps où le commutateur 26 sera fermé, respectivement ouvert. La période de hachage est par exemple égale à 40µs.

[0024] Les moyens de calcul 31, représentés sur la figure 3 sous la forme d'un schéma bloc 80, comprennent un diviseur 82, un multiplicateur 84, un comparateur 86, un intégrateur 88 et un sommateur 90. Les différents calculs effectués permettent de calculer le rapport cyclique α . Le schéma bloc 80 dépend du temps et est équivalent à l'équation suivante :

$$\alpha(t) = \alpha(0) + G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau \quad (1)$$

[0025] Les moyens de calcul 31 sont propres à recevoir trois données d'entrée 92, 94, 96. La première donnée d'entrée 92 correspond à une tension initiale $U_E(0)$, mesurée initialement en sortie du redresseur 27, c'est-à-dire avant la commande du contact mobile 17 en position fermée. La seconde donnée d'entrée 94 correspond à la tension de consigne U_A de pilotage de la bobine 14, et la troisième donnée d'entrée 96 correspond à une tension instantanée $U_E(\tau)$ mesurée aux bornes du redresseur 27. La tension instantanée $U_E(\tau)$ correspond à la dernière valeur de la tension positive mesurée par les moyens de mesure 34.

[0026] Le diviseur 82 est propre à recevoir en entrée la tension initiale $U_E(0)$ et la tension de consigne U_A et à délivrer en sortie le premier terme T1. Le premier terme T1 est calculé grâce au diviseur 82 et est égal au rapport de la tension U_A de consigne de pilotage sur la tension initiale $U_E(0)$. L'équation de calcul du premier terme T1 s'écrit de la manière suivante :

$$T1 = U_A / U_E(0). \quad (2)$$

[0027] Par ailleurs, le rapport cyclique α , avant la commande du contact mobile 17 en position fermée, est noté $\alpha(0)$ et est égal au premier terme T1.

[0028] L'ensemble 98 formé par le multiplicateur 84, le comparateur 86 et l'intégrateur 88, connectés les uns à la suite des autres et dans cet ordre, permet le calcul du second terme T2. Le multiplicateur 84 est propre à recevoir en entrée la dernière valeur de la tension instantanée $U_E(\tau)$ mesurée en sortie du redresseur 27 et la dernière valeur calculée du rapport cyclique α , également appelée rapport cyclique instantané $\alpha(\tau)$. La donnée délivrée en sortie du multiplicateur

84 est égale à la tension instantanée $U_E(\tau)$ mesurée en sortie du redresseur 27, multipliée par le rapport cyclique instantané $\alpha(\tau)$. Puis, la donnée en sortie du multiplicateur 84 est comparée, à l'aide du comparateur 86 connecté en sortie du multiplicateur 84, avec la tension de consigne U_A afin d'obtenir une erreur $E(\tau)$. L'erreur $E(\tau)$ correspond à la différence entre, d'une part, la tension de consigne U_A et, d'autre part, la donnée délivrée en sortie du multiplicateur 84. Cette erreur $E(\tau)$ est ensuite intégrée et multipliée par un gain G , à l'aide de l'intégrateur 88 connecté en sortie du comparateur 86. L'intégrateur 88 est propre à calculer l'intégrale $I(E(\tau))$ des erreurs $E(\tau)$ calculées depuis le début de la commande de fermeture des contacts mobiles 17 et multiplie l'intégrale $I(E(\tau))$ des erreurs par le gain G afin d'obtenir le second terme $T2$.

[0029] Puis, le sommateur 90 est propre à recevoir en entrée le premier terme $T1$ et le second terme $T2$, le sommateur 90 étant connecté en sortie du diviseur 82, d'une part, et en sortie de l'intégrateur 88, d'autre part. Le sommateur 90 est alors propre à délivrer en sortie la valeur du rapport cyclique α par sommation du premier terme $T1$ et du second terme $T2$. Le rapport cyclique α est constamment modifié au cours du temps. On note $\alpha(t)$ les différentes valeurs du rapport cyclique α au cours du temps.

[0030] Dans l'exemple de réalisation décrit, lors de la mise en oeuvre des moyens de calcul 31, les moyens de mesure 34 de la tension positive U_E sont propres à échantillonner la tension positive U_E mesurée, avec une fréquence d'échantillonnage F_{ECH} , et le second terme $T2$ est fonction du dernier échantillon $U_E(k)$ de tension mesuré. Autrement dit, le second terme $T2$ est calculé selon une période de calcul $P1$ égale à l'inverse de la fréquence d'échantillonnage F_{ECH} de la mesure de la tension. On note $T2(k)$ le second terme discrétisé selon la période de calcul $P1$, et fonction du dernier échantillon $U_E(k)$ de tension mesuré. Sachant que k est un indice représentatif du temps et que cet indice est incrémenté de 1 à chaque période de calcul $P1$. L'indice k est égal à 0 lors de l'envoi de la commande du contact mobile 17 en position fermée, puis est incrémenté de 1 à chaque période de calcul $P1$ durant la fermeture du contact mobile 17, et est remis à zéro lorsque le contact mobile 17 est en position fermée. De la même manière on note $\alpha(k)$ le rapport cyclique discrétisé selon la période de calcul $P1$. La période de calcul $P1$ est par exemple égale à 400 us, et dans le cas où la période de hachage du commutateur 26 est égale à 40us, cela signifie que le rapport cyclique est mis à jour toutes les dix périodes de hachage.

[0031] Le second terme discrétisé $T2(k)$ est calculé à partir d'une erreur discrétisée $E(k)$ correspondant à la différence entre d'une part, la tension de consigne U_A et, d'autre part, le dernier échantillon $U_E(k-1)$ de tension mesuré qui est multiplié par le rapport cyclique discrétisé $\alpha(k-1)$, calculé à la période de calcul $P1$ précédente. Cette erreur discrétisée $E(k)$ est ensuite intégrée en effectuant l'intégrale $I(E(k))$ des erreurs discrétisées $E(k)$ calculées depuis le début de la commande de fermeture des contacts mobiles 17 et l'intégrale $I(E(k))$ des erreurs discrétisées $E(k)$ est multipliée par un gain G afin d'obtenir le second terme discrétisé $T2(k)$. Ainsi, les moyens de calcul 31 sont propres à calculer le second terme discrétisé $T2(k)$ et à mettre à jour la valeur du rapport cyclique discrétisé $\alpha(k)$ à chaque période de calcul $P1$, à l'aide du second terme discrétisé $T2(k)$. En effet, le rapport cyclique discrétisé $\alpha(k)$ est égal à la somme du premier terme $T1$ et du second terme discrétisé $T2(k)$.

[0032] De plus, le rapport cyclique $\alpha(0)$ d'indice 0 est égal au premier terme $T1$. L'équation de calcul du rapport cyclique discrétisé $\alpha(k)$ se présente de la manière suivante :

$$\alpha(k) = \alpha(0) + G * \sum_{x=0}^k (U_A - \alpha(x) * U_E(x)) \quad (3)$$

Ce qui est équivalent à :

$$\alpha(k) = \alpha(0) + T2(k) = T1 + T2(k) \quad (4)$$

[0033] Ainsi, un procédé de pilotage en tension de la bobine 14 comprend différentes étapes. Une première étape 102 consiste en le calcul, par le dispositif de commande 28, du signal modulé en largeur d'impulsion $S1$ et de son rapport cyclique α . Puis une deuxième étape 104, consiste à l'application du signal $S1$ calculé, par l'intermédiaire de la liaison électrique 32, à l'électrode de commande du commutateur 26.

[0034] En complément, préalablement à l'étape de calcul 102, une étape 106 consiste à mesurer, via les moyens de mesure 34, la tension initiale $U_E(0)$ en sortie du dispositif redresseur 27, c'est-à-dire aux bornes du commutateur 26 et de la bobine 14 connectés en série, avant la commande de fermeture du contact mobile 17.

[0035] De plus, l'étape 102 de calcul du signal $S1$ comporte, par exemple, les étapes suivantes :

- une étape 108 de calcul du premier terme $T1$ et au cours de laquelle, le rapport cyclique α est fixé égal au premier terme $T1$;

- une étape 112 de calcul du second terme T2 en fonction de la dernière valeur de tension U_E mesurée en sortie du redresseur. En complément, la mesure de la tension U_E est échantillonnée comme expliqué précédemment et le second terme discrétisé T2(k) est calculé de manière analogue à ce qui a été expliqué précédemment.

[0036] Suite à l'étape 112 de calcul du second terme T2, le rapport cyclique α est calculé, lors de l'étape 114, en sommant le premier terme T1 et le second terme T2. En complément, le second terme T2 est discrétisé et le second terme discrétisé T2(k) est calculé à chaque période de calcul P1 comme expliqué précédemment. Puis, grâce au calcul du second terme discrétisé T2(k), le rapport cyclique α est mis à jour à chaque période de calcul P1. On obtient le rapport cyclique discrétisé $\alpha(k)$ calculé comme expliqué précédemment.

[0037] Enfin, suite à l'étape 104, le procédé retourne à l'étape 112 et se répète jusqu'à ce que la fermeture du contact mobile 17 soit détectée. En complément, le procédé se répète à chaque période de calcul P1 jusqu'à ce que la fermeture du contact mobile 17 soit détectée.

[0038] Le rapport cyclique α est donc variable au cours du temps, puisqu'il comporte le second terme T2 qui est lui-même variable au cours du temps.

[0039] A la figure 5, le graphique montre, en ordonnée un courant I_E traversant la bobine 14 exprimé en Ampère (A), et en abscisse le temps (t) exprimé en seconde (s). Une courbe 120 représente le courant I_E traversant la bobine 14 en fonction du temps (t), lors de la commande de fermeture du contact mobile 17 et avec une tension d'alimentation U_C du module électronique de pilotage égale à 115 volts. Une deuxième courbe 122 est analogue à la courbe 120 mais pour une tension d'alimentation U_C égale à 230 volts. Les courbes 120, 122 ont globalement la même forme et le retard entre la courbe 120 et la courbe 122 est minimisé selon l'invention. Pour cet exemple, les tensions d'alimentation sont variables, sinusoïdales et le gain G est égal à 3. Le fait que les courbes 120 et 122 soient globalement similaires, que le retard entre la courbe 120 et la courbe 122 soit optimisé, et que les différences d'amplitude entre les deux courbes 120, 122 soient limitées, permet de fournir à la bobine globalement la même énergie et donc d'avoir un temps de fermeture du contact mobile 17 sensiblement identique quelle que soit la tension d'alimentation U_C . En effet, le courant I_E fournit l'énergie et la force nécessaires à la fermeture du contact mobile 17. A la figure 6, il apparaît que quelle que soit la tension d'alimentation U_C , la consommation en courant de la bobine vue de la source est globalement la même.

[0040] De plus, à la figure 6, le graphique montre, en ordonnée un déplacement D en mm rapport aux contacts fixes 16, et en abscisse le temps (t) en seconde (s). Une troisième courbe 124 représente le déplacement du contact mobile 17 en fonction du temps, pour une tension d'alimentation U_C du module électronique de pilotage 13 de 115 volts, et une quatrième courbe 126 représente le déplacement du contact mobile 17 en fonction du temps, pour une tension d'alimentation U_C de 230 volts. Les courbes 124 et 126 représentent, plus précisément, le déplacement D en fonction du temps, lors de la commande de la fermeture du contact mobile 17. Ainsi, le contact mobile 17 est globalement fermé lorsque le déplacement atteint sa valeur maximale, c'est-à-dire ici pour un déplacement D d'environ 5 mm. On observe que la différence de temps de fermeture entre la courbe 124 et la courbe 126 est de 5,4 millisecondes sachant que le temps de fermeture du contact mobile 17, est compris entre 60ms et 68ms. Ainsi, la dynamique de fermeture en fonction de la tension d'alimentation U_C est sensiblement identique quelle que soit la tension d'alimentation du module électronique de pilotage 13 et la régulation en tension est bien effectuée.

[0041] De plus, à la figure 7 on observe sur une cinquième courbe 128 l'évolution du rapport cyclique α en fonction du temps t en milliseconde (ms), ainsi que sur une sixième courbe 130, la tension U_E en sortie du redresseur 27, exprimée en volts, en fonction du temps t exprimé en ms. La courbe 130, montre une chute de la tension U_E en fonction du temps t. Cette chute de tension est due à un affaiblissement temporaire de l'organe d'alimentation 22. La courbe 128 montre que le rapport cyclique α est variable au cours du temps et évolue afin de prendre en compte la chute de la tension U_E mesurée en sortie du redresseur 27. En effet, le rapport cyclique α augmente afin de prendre en compte la chute de tension et afin que le commutateur 26, reste en position fermée plus longtemps, pour fournir à la bobine 14 la tension suffisante pour agir sur la fermeture du contact mobile 17.

[0042] De plus, on observe également que lorsque la tension mesurée U_E en sortie du redresseur 27 est inférieure à la tension de consigne U_A de la bobine 14, le rapport cyclique α augmente afin de prendre en compte le laps de temps pendant lequel la tension appliquée à la bobine 14 n'a aucun effet, puisqu'elle est inférieure à la tension de consigne U_A . Cette augmentation du rapport cyclique α , correspond à une accumulation de l'erreur qui est restituée lorsque la tension U_E en sortie du redresseur 27 est supérieure à la tension de consigne U_A .

[0043] Ainsi, au moment où la tension positive mesurée U_E devient supérieure à la tension de consigne U_A la valeur du rapport cyclique α est forte, afin d'alimenter en tension la bobine 14 pendant une durée suffisante. Cette augmentation du rapport cyclique α permet d'accélérer la fermeture du contact mobile 17, afin de prendre en compte le retard pris sur la fermeture du contact mobile 17 dû au fait que la tension mesurée U_E était inférieure à la tension de consigne U_A . Une fois que la tension mesurée U_E devient supérieure à la tension de consigne U_A , le retard est petit à petit rattrapé et la valeur du rapport cyclique α diminue progressivement. L'objectif est d'avoir un rapport cyclique α de valeur instantanée supérieure à la valeur moyenne de ce rapport cyclique α , lors de la phase de fermeture du contact mobile 17, au moment où la tension de sortie U_E du redresseur 27 devient supérieure à la tension de consigne U_A , afin de corriger l'erreur.

[0044] Par ailleurs, l'évolution du rapport cyclique α au cours du temps permet d'éviter tout risque de non-fermeture complète du contact mobile 17, sachant que cette non-fermeture complète conduit parfois à la soudure du contact mobile 17 sur les contacts fixes 16.

[0045] En outre, il est important de noter que le gain G est choisi de sorte à minimiser l'écart dans la dynamique de fermeture du contacteur 10 quelle que soit la tension d'alimentation U_C du module électronique de pilotage 13.

[0046] En variante, en sortie du redresseur 27, le contacteur 10, comprend un filtre connecté en série avec la bobine 14 et le commutateur 26. Dans ce cas, la tension U_E mesurée en sortie du redresseur 27 est différente de la tension mesurée aux bornes du commutateur 26 et de la bobine 14 connectés en série.

[0047] L'homme du métier comprendra que l'invention s'applique de manière analogue à un contacteur triphasé comprenant trois paires de contacts fixes et trois contacts mobiles, pour des applications en courant triphasé.

[0048] Dans l'exemple de réalisation des figures 1 à 2 décrit précédemment, l'organe d'alimentation 22 du module de pilotage 13 est un générateur de tension monophasée. L'homme du métier comprendra bien entendu que l'invention s'applique également à un contacteur comportant un module de pilotage 13 alimenté en tension triphasée, le redresseur 27 étant alors apte à convertir la tension triphasée fournie par l'organe d'alimentation 22 en une tension positive délivrée aux bornes du commutateur 26 et de la bobine 14 connectés en série.

Revendications

1. Contacteur (10) électrique, comprenant :

- au moins une paire de contacts fixes (16) et, pour chaque paire de contacts fixes, un contact (17) mobile entre une position fermée et une position ouverte,
- les contacts fixes (16) étant, en position fermée du contact mobile (17), reliés électriquement entre eux via le contact mobile (17) et étant isolés électriquement l'un de l'autre en position ouverte du contact mobile (17),
- une bobine électromagnétique (14) apte à commander le ou chaque contact mobile (17) en position fermée ou en position ouverte,
- un module électronique (13) de pilotage de la bobine électromagnétique (14), comportant un commutateur (26) connecté en série de la bobine (14) et un dispositif (28) de commande du commutateur (26), le commutateur (26) comportant deux électrodes de conduction et une électrode de commande, le module électronique de pilotage (13) comprenant en outre un générateur de tension positive, tel qu'un redresseur (27), relié au commutateur (26) et à la bobine (14) connectés en série et propre à fournir une tension positive (U_E) au commutateur (26) et à la bobine (14),

ledit dispositif de commande (28) comportant des moyens (31) de calcul d'un signal modulé en largeur d'impulsion (S1) et des moyens (32) d'application du signal calculé à l'électrode de commande du commutateur (26), le signal modulé en largeur d'impulsion (S1) présentant un rapport cyclique (α) de valeur variable au cours du temps lors de la commande du ou de chaque contact mobile (17) en position fermée, le dispositif de commande (28) comportant des moyens de mesure (34) de la tension positive (U_E), et **caractérisé en ce que** la valeur du rapport cyclique dépend de ladite tension (U_E) mesurée uniquement lors de la commande du ou de chaque contact mobile (17) en position fermée.

2. Contacteur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le rapport cyclique (α) est égal à la somme d'un premier terme (T1) de valeur constante et d'un second terme (T2) de valeur variable au cours du temps.

3. Contacteur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le premier terme (T1) est fonction d'une tension de consigne (U_A) de pilotage de la bobine et de la valeur initiale ($U_E(0)$) de la tension positive (U_E), mesurée au moment de la commande de fermeture du ou de chaque contact mobile.

4. Contacteur selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le second terme (T2) est fonction de la dernière valeur mesurée de la tension positive (U_E).

5. Contacteur selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** les moyens de mesure (34) de la tension sont propres à échantillonner la tension positive (U_E) mesurée selon une fréquence d'échantillonnage (Fech), **en ce que** les moyens de calculs sont aptes à calculer le second terme (T2) en fonction du dernier échantillon de tension positive (U_E) et selon une période de calcul (P1) égale à l'inverse de la fréquence d'échantillonnage (Fech), et **en ce que** les moyens de calculs (31) sont aptes à mettre à jour la valeur du rapport cyclique (α), à l'aide du second terme (T2), à chaque période de calcul (P1).

6. Procédé de pilotage d'une bobine électromagnétique d'un contacteur (10), lequel contacteur comprend, au moins une paire de contacts fixes (16) et, pour chaque paire de contacts fixes (16), un contact (17) mobile entre une position fermée et une position ouverte, la bobine électromagnétique (14), et un module électronique (13) de pilotage de la bobine (14) comprenant un commutateur (26) connecté en série de la bobine (14) et un dispositif (28) de commande du commutateur (26), la bobine (14) étant apte à commander le ou chaque contact mobile (17) en position fermée ou ouverte,
le procédé comprenant les étapes suivantes :

a) le calcul (102), par le dispositif de commande (28), d'un signal modulé en largeur d'impulsion (S1), le signal modulé en largeur d'impulsion (S1) étant calculé avec un rapport cyclique (α) de valeur variable au cours du temps, lors de la commande du ou de chaque contact mobile (17) en position fermée,
b) l'application (104) du signal (S1) calculé à une électrode de commande du commutateur (26), et précédemment à l'étape a) le procédé comprenant la mesure (106) d'une tension positive (U_E), aux bornes d'un générateur de tension positive, tel qu'un redresseur (27), lequel redresseur (27) est relié au commutateur (26) et à la bobine (14) connectés en série, et est propre à fournir la tension positive (U_E) au commutateur (26) et à la bobine (14), et **caractérisé en ce que** au cours de l'étape a) le rapport cyclique (α) du signal modulé en largeur d'impulsion (S1) calculé dépend de la tension positive (U_E) mesurée uniquement lors de la commande du ou de chaque contact mobile (17) en position fermée.

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'étape a) comporte plusieurs étapes consistant à :

a1) le calcul (108) d'un premier terme (T1) de valeur constante a2) le calcul (112) d'un second terme (T2) de valeur variable au cours du temps
a3) le calcul du rapport cyclique (α) en sommant le premier terme (T1) et le second terme (T2),

et **en ce que** à la suite de l'étape b) on retourne à l'étape a2), tant que le ou chaque contact mobile (17) n'est pas en position fermée.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** au cours de l'étape a1), le premier terme (T1) est calculé en fonction d'une tension de consigne (U_A) de pilotage de la bobine (14) et de la valeur initiale ($U_E(0)$) de la tension positive (U_E), cette valeur initiale étant mesurée au moment de la commande de fermeture du ou de chaque contact mobile (17), au cours de l'étape de mesure (106), et **en ce que** le rapport cyclique (α) est fixé égal à ce premier terme (T1).

9. Procédé selon l'une des revendications 7 à 8, **caractérisé en ce que** au cours de l'étape a2), le second terme (T2) est calculé en fonction de la dernière valeur de la tension positive (U_E) mesurée.

10. Procédé selon les revendications 8 et 9, **caractérisé en ce que** au cours de l'étape a1) le premier terme (T1) est calculé avec l'équation suivante :

$$T1 = \alpha(0) = U_A / U_E(0),$$

avec $\alpha(0)$ représentant une valeur initiale du rapport cyclique (α),

en ce que au cours de l'étape a2) le second terme (T2) est calculé avec l'équation suivante :

$$T2 = G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau,$$

$\alpha(\tau)$ et $U_E(\tau)$ représentant respectivement les valeurs du rapport cyclique (α) et de la tension positive (U_E) au temps τ et G un gain de valeur prédéterminée, et

en ce que au cours de l'étape a3) le rapport cyclique (α) est calculé avec l'équation suivante :

$$\alpha(t) = \alpha(0) + G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau = T1 + T2$$

11. Procédé selon l'une des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** suite à l'étape b), le commutateur (26) commute avec une certaine fréquence en fonction du rapport cyclique (α) et modifie la tension aux bornes de la bobine (14).

Patentansprüche

1. Elektrische Kontaktvorrichtung (10), umfassend:

- mindestens ein feststehendes Kontaktpaar (16) und für jedes feststehende Kontaktpaar einen zwischen einer geschlossenen Position und einer offenen Position beweglichen Kontakt (17),

wobei die feststehenden Kontakte (16) in der geschlossenen Position des beweglichen Kontakts (17) elektrisch über den beweglichen Kontakt (17) miteinander verbunden sind und in der offenen Position des beweglichen Kontakts (17) elektrisch voneinander getrennt sind,

- eine elektromagnetische Spule (14), die geeignet ist, den oder jeden beweglichen Kontakt (17) in die geschlossene oder offene Position zu steuern,

- ein elektronisches Steuermodul (13) für die elektromagnetische Spule (14), das einen in Reihe mit der Spule (14) verbundenen Umschalter (26) und eine Steuervorrichtung (28) für den Umschalter (26) aufweist, wobei der Umschalter (26) zwei Leitungselektroden und eine Steuerelektrode aufweist, das elektronische Steuermodul (13) außerdem einen Generator für eine positive Spannung, wie einen Gleichrichter (27), umfasst, der an den Umschalter (26) und die Spule (14), die in Reihe geschaltet sind, angeschlossen ist und geeignet ist, eine positive Spannung (U_E) dem Umschalter (26) und der Spule (14) zu liefern,

wobei die Steuervorrichtung (28) Mittel (31) zum Berechnen eines pulswidenmodulierten Signals (S1) und Mittel (32) zum Aufbringen des berechneten Signals auf die Steuerelektrode des Umschalters (26) aufweist, wobei das pulswidenmodulierte Signal (S1) ein Tastverhältnis (α) von variablem Wert über die Zeit während der Steuerung des oder jedes beweglichen Kontakts (17) in die geschlossene Position aufweist,

wobei die Steuervorrichtung (28) Mittel (34) zum Messen der positiven Spannung (U_E) aufweist, und **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wert des Tastverhältnisses von der genannten Spannung (U_E), die nur bei der Steuerung des oder jedes beweglichen Kontakts in die geschlossene Position gemessen wird, abhängt.

2. Kontaktvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Tastverhältnis (α) gleich der Summe eines ersten Zeitabschnitts (T1) mit konstantem Wert und eines zweiten Zeitabschnitts (T2) mit variablem Wert über die Zeit ist.

3. Kontaktvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Zeitabschnitt (T1) eine Funktion einer Steuersollspannung (U_A) der Spule und eines Ausgangswerts ($U_E(0)$) der positiven Spannung (U_E) ist, die zum Zeitpunkt der Steuerung des Schließens des oder jedes beweglichen Kontakts gemessen wird.

4. Kontaktvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Zeitabschnitt (T2) eine Funktion des letzten gemessenen Wertes der positiven Spannung (U_E) ist.

5. Kontaktvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel (34) zum Messen der Spannung geeignet sind, die gemessene positive Spannung (U_E) gemäß einer Abtastfrequenz (F_{ech}) abzutasten, dass die Berechnungsmittel geeignet sind, den zweiten Zeitabschnitt (T2) abhängig von der letzten Abtastung der positiven Spannung (U_E) und gemäß einer Berechnungsperiode (P1) gleich dem Inversen der Abtastfrequenz (F_{ech}) zu berechnen, und dass die Berechnungsmittel (31) geeignet sind, den Wert des Tastverhältnisses (α) mittels des zweiten Zeitabschnitts (T2) bei jeder Berechnungsperiode (P1) zu aktualisieren.

6. Verfahren zur Steuerung einer elektromagnetischen Spule einer Kontaktvorrichtung (10), wobei die Kontaktvorrichtung mindestens ein feststehendes Kontaktpaar (16) und für jedes feststehende Kontaktpaar (16) einen zwischen einer geschlossenen Position und einer offenen Position beweglichen Kontakt (17), die elektromagnetische Spule

(14) und ein elektronisches Steuermodul (13) für die Spule (14) umfasst, das einen Umschalter (26), der in Reihe mit der Spule (14) geschaltet ist, und eine Vorrichtung (28) zur Steuerung des Umschalters (26) umfasst, wobei die Spule (14) geeignet ist, den oder jeden beweglichen Kontakt (17) in die geschlossene oder offene Position zu steuern, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- a) Berechnen (102) eines pulswertenmodulierten Signals (S1) durch die Steuervorrichtung (28), wobei das pulswertenmodulierte Signal (S1) mit einem Tastverhältnis (α) mit variablem Wert über die Zeit bei der Steuerung des oder jedes beweglichen Kontakts (17) in die geschlossene Position berechnet wird,
- b) Aufbringen (104) des berechneten Signals (S1) auf eine Steuerelektrode des Umschalters (26),

und wobei vor dem Schritt a) das Verfahren das Messen (106) einer positiven Spannung (U_E) an den Klemmen eines Generators für eine positive Spannung, wie einem Gleichrichter (27), umfasst, wobei dieser Gleichrichter (27) mit dem Umschalter (26) und der Spule (14), die in Reihe geschaltet sind, verbunden ist und geeignet ist, eine positive Spannung (U_E) an den Umschalter (26) und die Spule (14) zu liefern, und **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Schritts a) das Tastverhältnis (α) des berechneten pulswertenmodulierten Signals (S1) von der positiven Spannung (U_E) abhängt, die nur bei der Steuerung des oder jedes mobilen Kontakts (17) in die geschlossene Position gemessen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt

- a) mehrere Schritte aufweist, die darin bestehen:

- a1) einen ersten Zeitabschnitt (T1) mit konstantem Wert zu berechnen (108)
- a2) einen zweiten Zeitabschnitt (T2) mit variablem Wert über die Zeit zu berechnen (112)
- a3) das Tastverhältnis (α) zu berechnen, indem der erste Zeitabschnitt (T1) und der zweite Zeitabschnitt (T2) summiert werden,

und dass auf den Schritt b) folgend zu Schritt a2) zurückgegangen wird, sobald der oder jeder bewegliche Kontakt (17) nicht in der geschlossenen Position ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Schritts a1) der erste Zeitabschnitt (T1) abhängig von einer Sollspannung (U_A) zur Steuerung der Spule (14) und dem Ausgangswert ($U_E(0)$) der positiven Spannung berechnet wird, wobei dieser Ausgangswert zu dem Zeitpunkt der Steuerung des Schließens des oder jedes beweglichen Kontakts (17) während des Messschrittes (106) gemessen wird, und dass das Tastverhältnis gleich diesem ersten Zeitabschnitt (T1) festgelegt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Schritts a2) der zweite Zeitabschnitt (T2) abhängig von dem letzten Wert der gemessenen positiven Spannung (U_E) berechnet wird.

10. Verfahren nach den Ansprüchen 8 und 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Schritts (a1) der erste Zeitabschnitt (T1) mit der folgenden Gleichung berechnet wird:

$$T1 = \alpha(0) = U_A / U_E(0),$$

wobei $\alpha(0)$ einen Ausgangswert des Tastverhältnisses (α) darstellt, dass während des Schrittes a2) der zweite Zeitabschnitt (T2) mit der folgenden Gleichung berechnet wird:

$$T2 = G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau,$$

wobei $\alpha(\tau)$ und $U_E(\tau)$ jeweils die Werte des Tastverhältnisses (α) und der positiven Spannung (U_E) zum Zeitpunkt τ und G eine Verstärkung des vorbestimmten Werts darstellen, und dass während des Schritts a3) das Tastverhältnis (α) mit der folgenden Gleichung berechnet wird:

$$\alpha(t) = \alpha(0) + G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau = T1 + T2$$

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf den Schritt b) folgend der Umschalter (26) mit einer bestimmten Frequenz abhängig vom Tastverhältnis (α) schaltet und die Spannung an den Klemmen der Spule (14) modifiziert.

Claims

1. Electrical contactor (10) comprising:

- at least one pair of fixed contacts (16) and a contact (17) movable between a closed position and an open position for each pair of fixed contacts, wherein the fixed contacts (16) are connected electrically to one another via the movable contact (17) in the closed position of the movable contact (17) and are insulated electrically from one another in the open position of the movable contact (17),
- an electromagnetic coil (14) capable of controlling the or each movable contact (17) in closed position or in open position,
- an electronic module (13) for controlling the electromagnetic coil (14) comprising a switch (26) connected in series with the coil (14) and a control device (28) for the switch (26), wherein the switch (26) comprises two conduction electrodes and a control electrode, and the electronic control module (13) additionally comprises a generator of positive voltage such as a rectifier (27) connected to the switch (26) and to the coil (14) that are connected in series and suitable for supplying a positive voltage (U_E) to the switch (26) and to the coil (14),

wherein said control device (28) comprises means (31) for calculating a pulse width modulated signal (S1) and means (32) for applying the calculated signal to the control electrode of the switch (26), and the pulse width modulated signal (S1) has a duty cycle (α) of variable value over time during the control of the or each movable contact (17) in closed position,

wherein the control device (28) comprises means (34) for measuring the positive voltage (U_E) and **characterised in that** the value of the duty cycle depends on said voltage (U_E) measured solely during the control of the or each movable contact (17) in closed position.

2. Contactor according to claim 1, **characterised in that** the duty cycle (α) is equal to the sum of a first term (T1) of constant value and a second term (T2) of variable value over time.
3. Contactor according to claim 2, **characterised in that** the first term (T1) is a function of a reference voltage (U_A) for controlling the coil and the initial value ($U_E(0)$) of the positive voltage (U_E) measured at the moment of control of the closure of the or each movable contact.
4. Contactor according to claim 2 or 3, **characterised in that** the second term (T2) is a function of the last measured value of the positive voltage (U_E).
5. Contactor according to one of claims 2 to 4, **characterised in that** the means (34) for measuring the voltage are suitable for sampling the positive voltage (U_E) measured according to a sampling frequency (F_{ech}), **in that** the calculating means are capable of calculating the second term (T2) as a function of the last sample of positive voltage (U_E) and according to a calculation period (P1) equal to the reciprocal of the sampling frequency (F_{ech}), and **in that** the calculating means (31) are capable of updating the value of the duty cycle (α) by means of the second term (T2) in each calculation period (P1).
6. Method for controlling an electromagnetic coil of a contactor (10), which contactor comprises at least one pair of fixed contacts (16) and a contact (17) movable between a closed position and an open position for each pair of fixed contacts, the electromagnetic coil (14), and an electronic module (13) for controlling the coil (14) comprising a switch (26) connected in series with the coil (14) and a control device (28) for the switch (26), wherein the coil (14) is capable of controlling the or each movable contact (17) in closed position or in open position, wherein the method comprises the following steps:

- a) calculation (102) by the control device (28) of a pulse width modulated signal (S1), wherein the pulse width modulated signal (S1) is calculated with a duty cycle (α) of variable value over time during the control of the or each movable contact (17) in closed position,
b) application (104) of the calculated signal (S1) to a control electrode of the switch (26),

and prior to step a) the method comprises

measurement (106) of a positive voltage (U_E) at the terminals of a generator of positive voltage such as a rectifier (27), wherein said rectifier (27) is connected to the switch (26) and to the coil (14) that are connected in series and is suitable for supplying the positive voltage (U_E) to the switch (26) and to the coil (14),

and **characterised in that**

during step a) the duty cycle (α) of the calculated pulse width modulated signal (S1) depends on the positive voltage (U_E) measured solely during the control of the or each movable contact (17) in closed position.

7. Method according to claim 6, **characterised in that** step a) comprises several steps consisting of:

- a1) calculation (108) of a first term (T1) of constant value
a2) calculation (112) of a second term (T2) of variable value over time
a3) calculation of the duty cycle (α) by adding the first term (T1) and the second term (T2),

and **in that** following step b) step a2) is returned to while the or each movable contact (17) is not in closed position.

8. Method according to claim 7, **characterised in that** during step a1) the first term (T1) is calculated as a function of a reference voltage (U_A) for controlling the coil (14) and the initial value ($U_E(0)$) of the positive voltage (U_E), wherein this initial value is measured at the moment of control of the closure of the or each movable contact (17) during the measurement step (106), and **in that** the duty cycle (α) is set equal to this first term (T1).

9. Method according to one of claims 7 to 8, **characterised in that** during step a2) the second term (T2) is calculated as a function of the last measured value of the positive voltage (U_E).

10. Method according to claims 8 and 9, **characterised in that** during step a1) the first term (T1) is calculated with the following equation:

$$T1 = \alpha(0) = U_A / U_E(0),$$

where $\alpha(0)$ represents an initial value of the duty cycle (α),

in that during step a2) the second term (T2) is calculated with the following equation:

$$T2 = G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau$$

where $\alpha(\tau)$ and $U_E(\tau)$ respectively represent the values of the duty cycle (α) and the positive voltage (U_E) at time τ and G represents a gain of predetermined value, and **in that** during step a3) the duty cycle (α) is calculated with the following equation:

$$\alpha(t) = \alpha(0) + G \int_0^t (U_A - \alpha(\tau) * U_E(\tau)) d\tau = T1 + T2.$$

11. Method according to one of claims 6 to 9, **characterised in that** following step b) the switch (26) switches with a certain frequency as a function of the duty cycle (α) and modifies the voltage at the terminals of the coil (14).

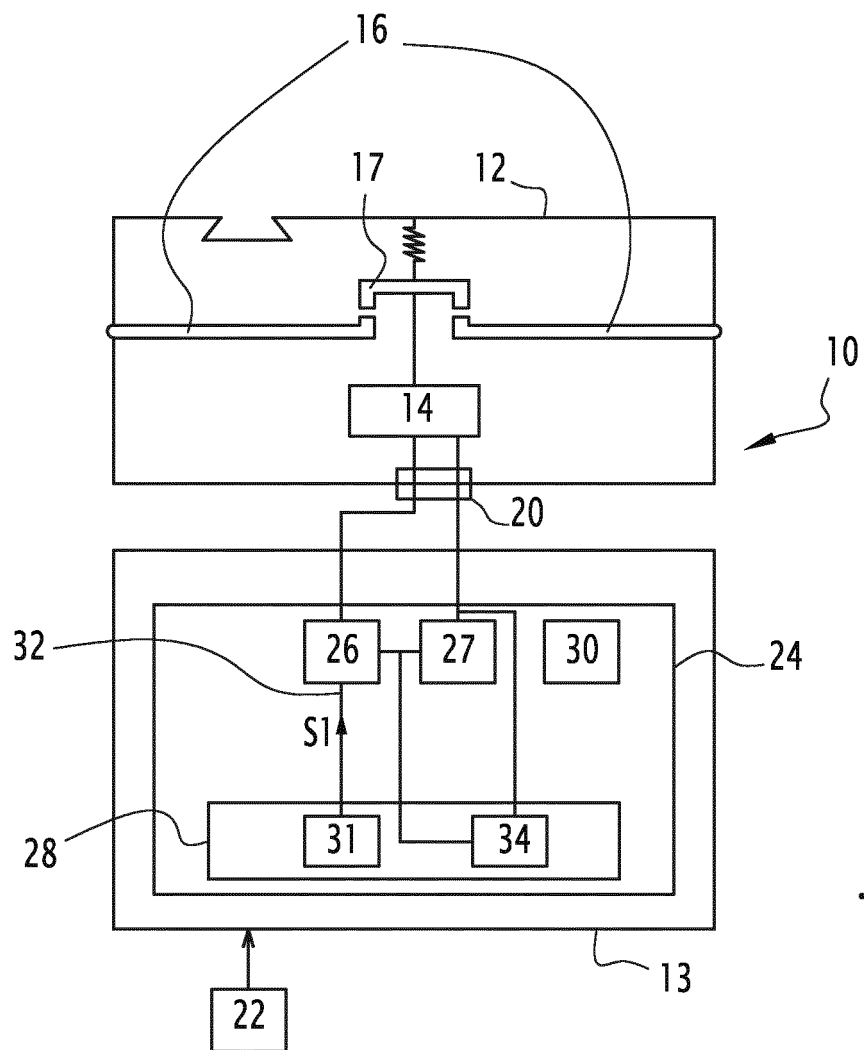
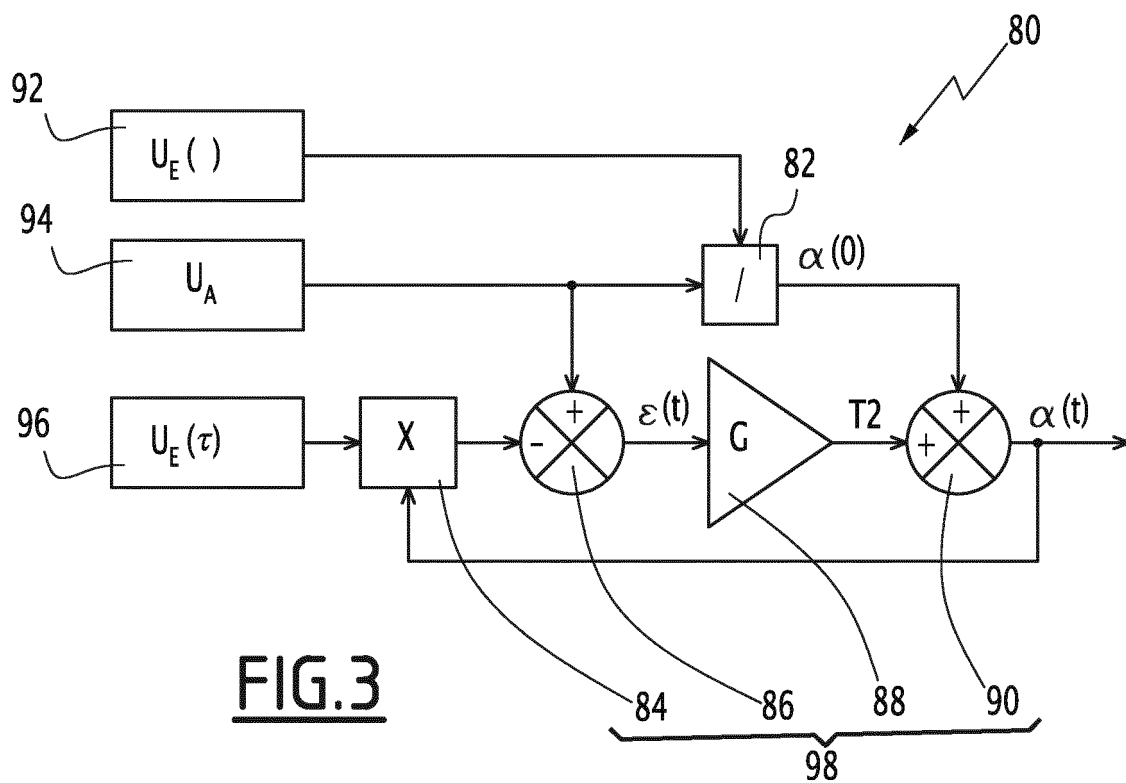
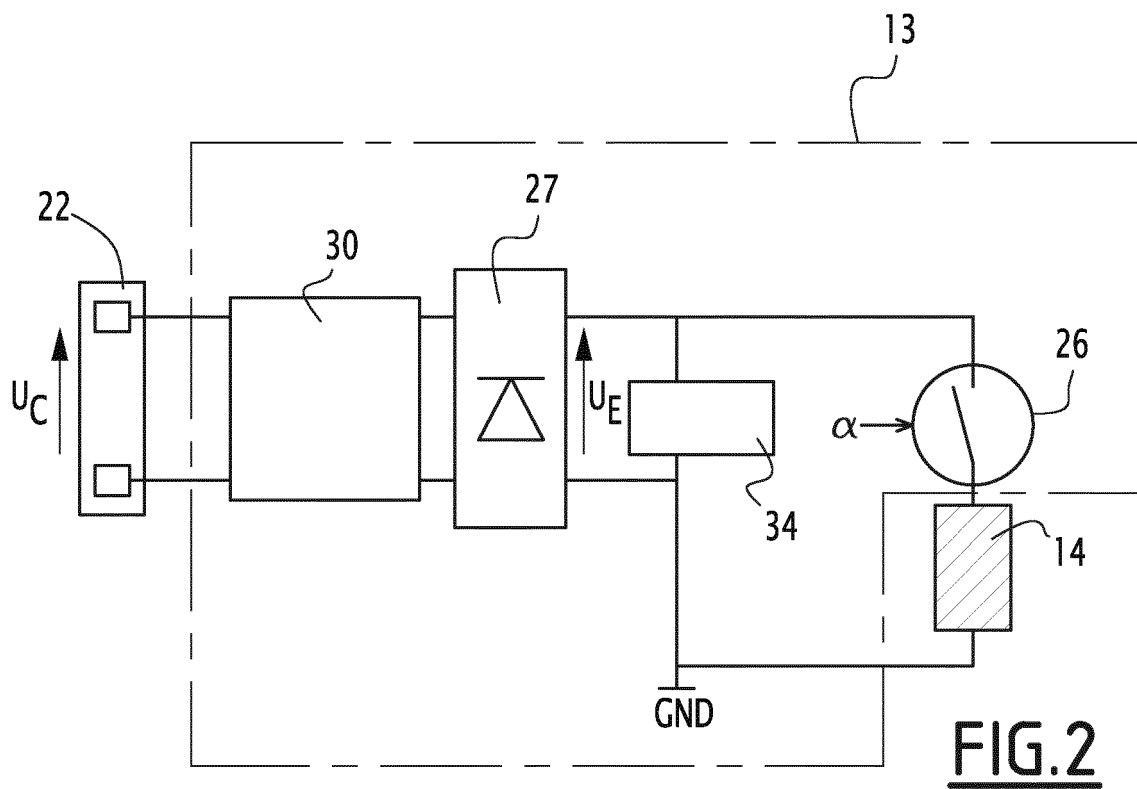


FIG.1



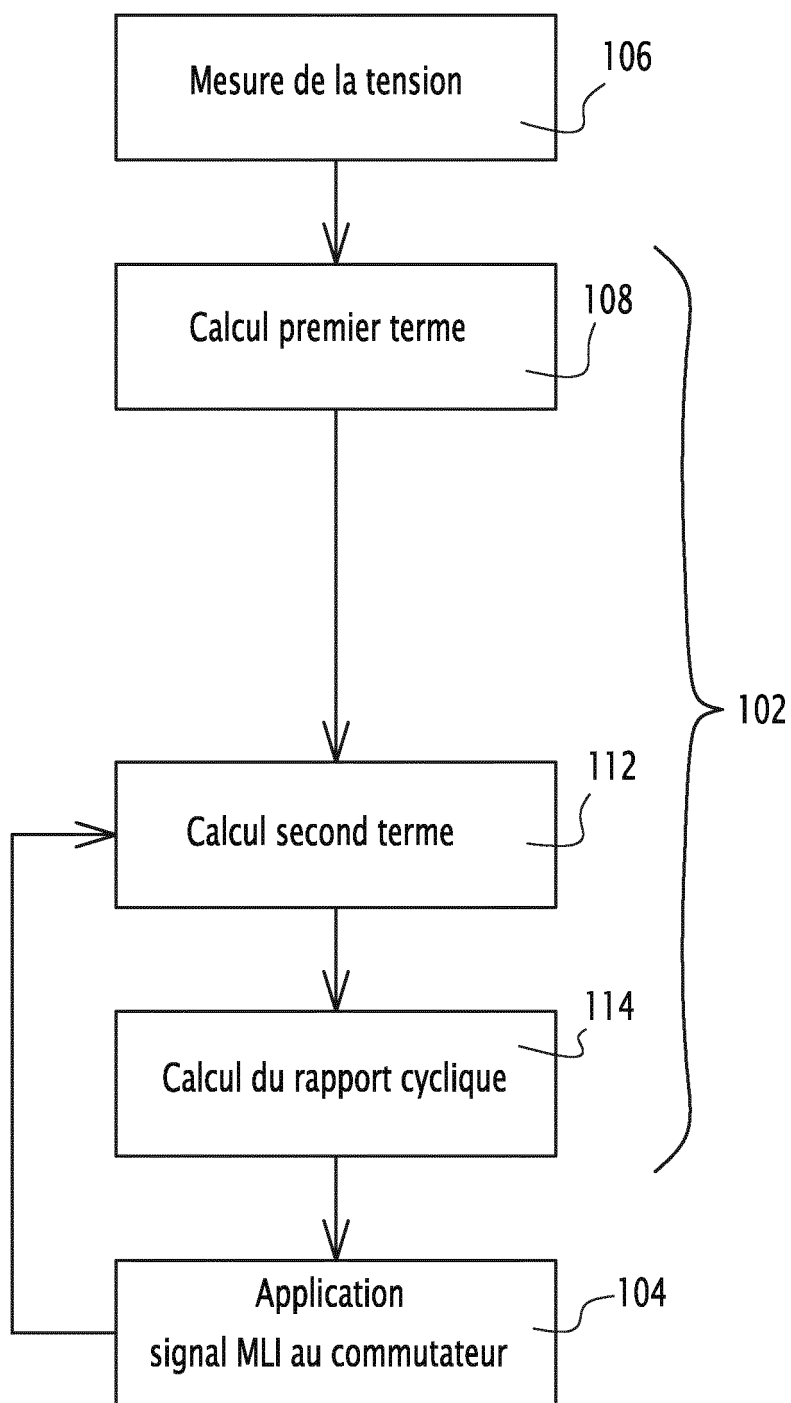
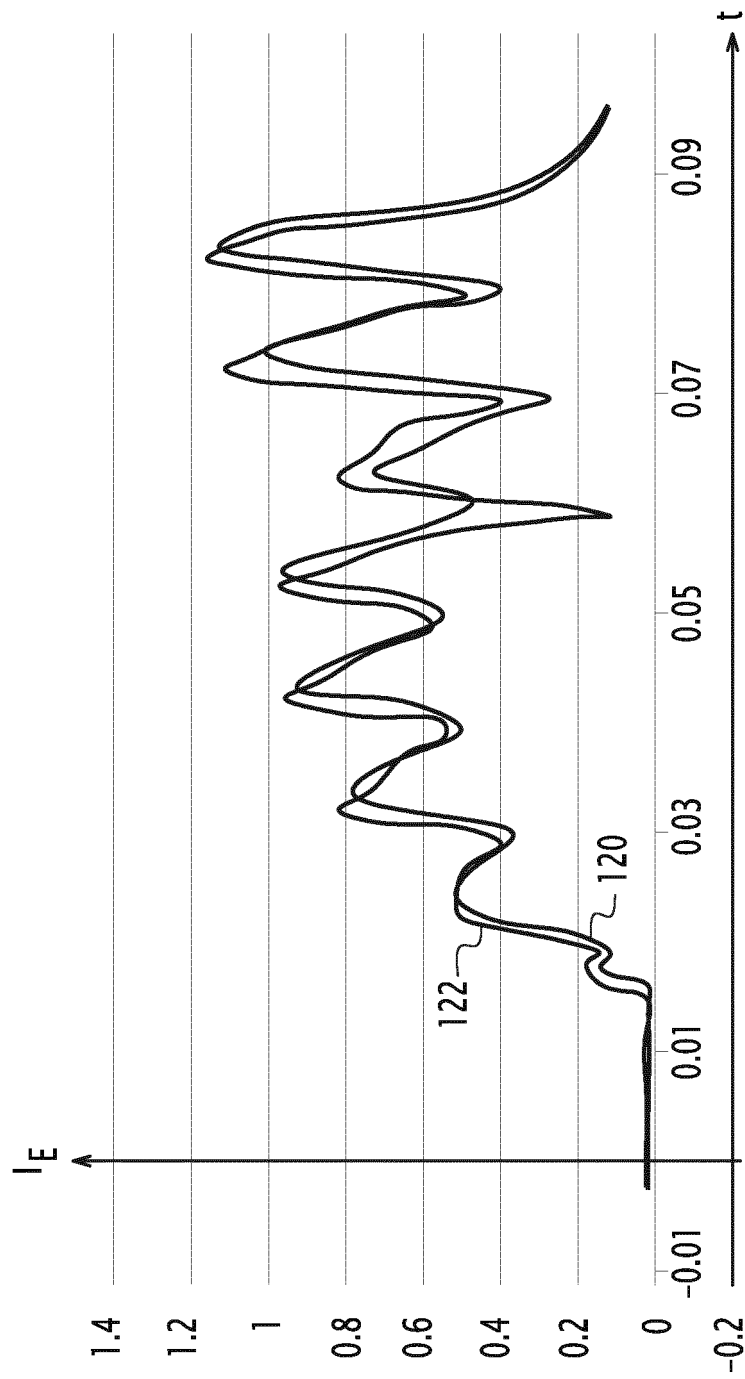


FIG.4

FIG.5

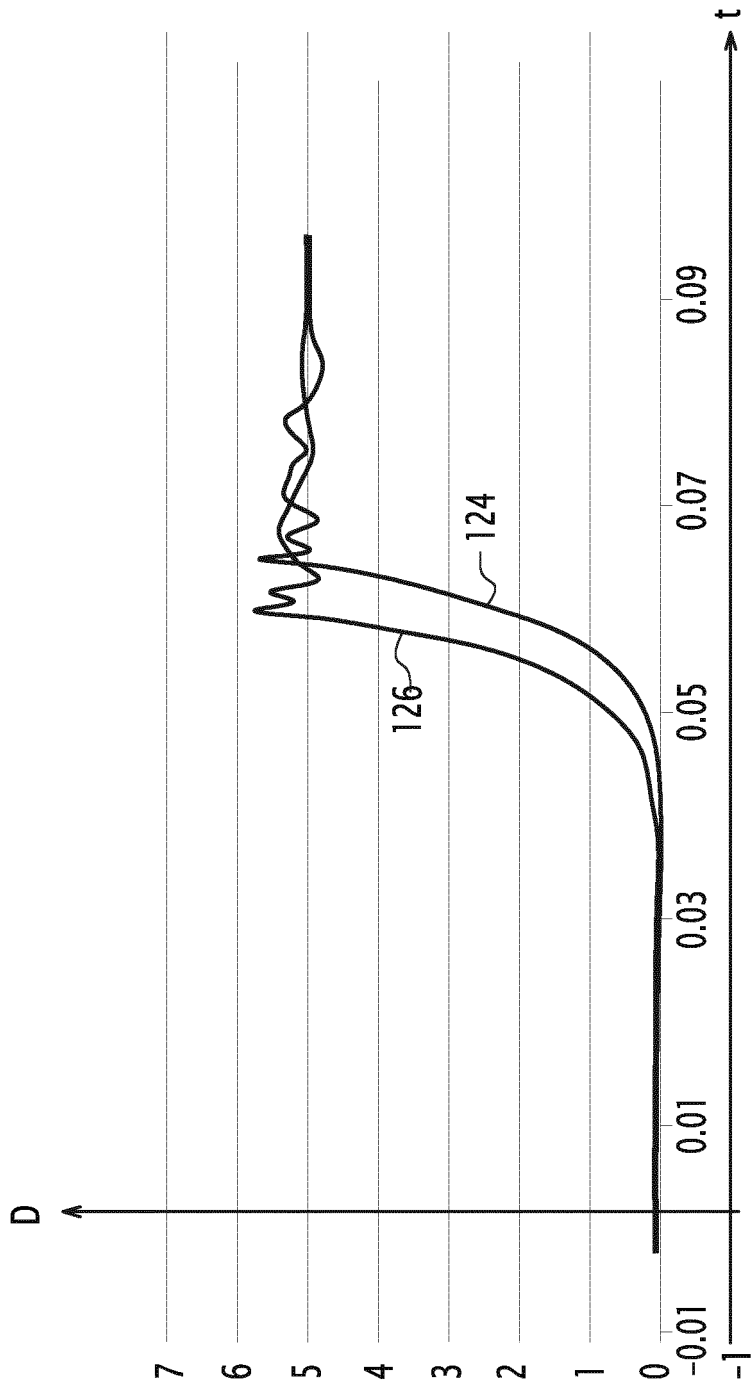


FIG.6

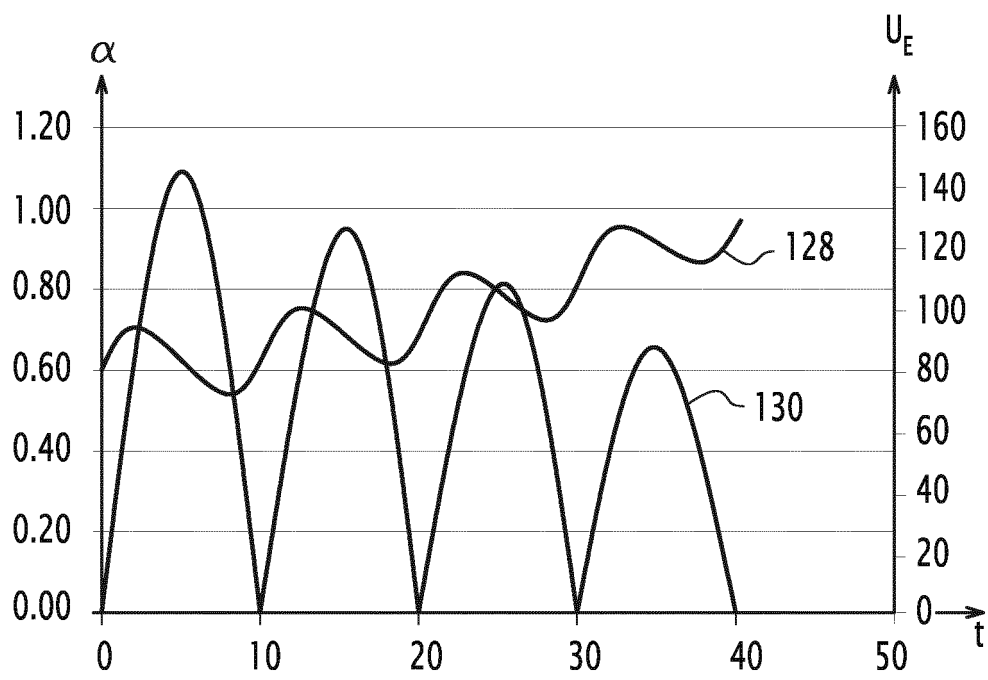


FIG.7

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 2005047052 A1 [0004]
- US 5914850 A [0004]