

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 144 726

②1 N° d'enregistrement national : 22 14608

⑤1 Int Cl⁸ : H 02 P 8/14 (2023.01), H 02 P 6/16, 27/08, E 06 B 9/
68, G 05 B 19/40

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 28.12.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.07.24 Bulletin 24/27.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SOMFY ACTIVITES SA Société ano-
nyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BRUNO Serge.

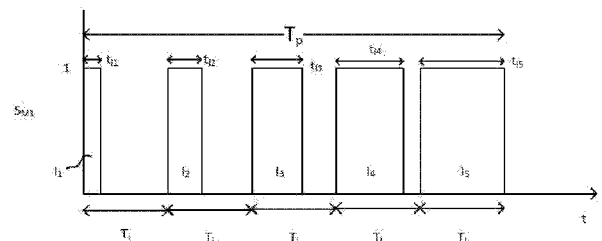
⑦3 Titulaire(s) : SOMFY ACTIVITES SA Société ano-
nyme.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET GERMAIN ET MAUREAU.

⑤4 Dispositif et procédé de contrôle d'un moteur électrique avec une loi de commande de type pas à pas.

⑤7 Dispositif de contrôle (15) d'un moteur électrique (16) synchrone comprenant un stator alimenté électriquement par une phase électrique (U, V, W) d'un convertisseur de puissance, le convertisseur de puissance comprenant une ligne électrique munie de cellules de commutation (M1, M2, M3, M4, M5, M6), caractérisé en ce que le convertisseur de puissance pilote au moyen d'une loi de commande de type pas à pas chaque cellule de commutation (M1, M2, M3, M4, M5, M6) au moyen d'un signal de commande (SM1, SM2, SM3, SM4, SM5, SM6) qui comprend une pluralité d'impulsions (I1, I2, I3, I4, I5) sur une période (Tp) du signal de commande (SM1, SM2, SM3, SM4, SM5, SM6) correspondant à un pas de rotation du rotor, lesdites impulsions (I1, I2, I3, I4, I5) présentant un rapport cyclique d'impulsion (RIn) croissant sur la période (Tp) du signal de commande (SM1, SM2, SM3, SM4, SM5, SM6).

Figure 1



FR 3 144 726 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif et procédé de contrôle d'un moteur électrique avec une loi de commande de type pas à pas

- [0001] L'invention concerne le domaine des moteurs électriques et plus particulièrement un dispositif de contrôle d'un moteur électrique, un actionneur électromécanique destiné à un entraînement d'un dispositif d'occultation dans une installation domotique et un procédé de contrôle.
- [0002] L'invention s'applique dans le domaine des installations domotiques comprenant un dispositif d'occultation d'une ouverture d'un bâtiment telle qu'une porte ou une fenêtre. Ledit dispositif d'occultation, par exemple un écran intérieur, un store enroulable ou un store vénitien, est manœuvrable par le biais d'un actionneur électromécanique. La manœuvre, réalisée par un moteur électrique de l'actionneur électromécanique, consiste en un déploiement ou un repli du dispositif d'occultation et/ou en une modification de l'orientation, c'est-à-dire de l'angle d'inclinaison, de lames du dispositif d'occultation.
- [0003] Un moteur électrique synchrone connu pour un tel actionneur électromécanique comporte classiquement un rotor comprenant plusieurs pôles, constitués notamment par des aimants permanents, et un stator comprenant au moins un enroulement. Un tel moteur synchrone est par exemple un moteur « sans balais » à courant continu, également désigné par la terminologie BLDC (Brushless DC), ou moteur synchrone à aimants permanents, également désigné par l'acronyme anglais PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor) ou un moteur synchronoréactant avec ou sans aimant permanent.
- [0004] Dans la suite de la description, on considère de manière non limitative que le stator comprend trois enroulements.
- [0005] Chaque enroulement du stator est alimenté par un courant d'alimentation électrique périodique triphasé via trois phases électriques, désignées par U, V et W dans la suite de la description, d'un convertisseur de puissance.
- [0006] Le convertisseur de puissance est configuré pour générer le courant d'alimentation sur chaque phase électrique de façon à alimenter chaque enroulement ou groupe d'enroulements, afin de créer un champ magnétique tournant par rapport au stator et ainsi entraîner en rotation le rotor. Le convertisseur de puissance comprend une pluralité de cellules de commutation, par exemple de type MOSFET, qui sont commandées en ouverture et fermeture par une loi de commande déterminée par un dispositif de contrôle. La loi de commande génère au moins un signal de commande comprenant une pluralité d'impulsions.

- [0007] La loi de commande permet de faire varier une vitesse de rotation du rotor, notamment sous la forme d'une rampe lors des phases transitoires de démarrage, d'arrêt ou de modification d'une vitesse nominale pour s'adapter à différentes situations.
- [0008] Il est par ailleurs connu de commander des moteurs électriques en utilisant une commande dite « pas à pas ». Dans une telle commande, l'alimentation des enroulements est réalisée de sorte à faire tourner le rotor d'un angle déterminé correspondant à un « pas ». L'angle de rotation, ou le pas de rotation du moteur, dépend du nombre de phases électriques du stator et du nombre de paires de pôles du rotor. Plusieurs pas successifs peuvent être effectués dans le même sens de rotation avec ou sans un arrêt du rotor entre chaque pas. Autrement dit, un pas correspond à un mouvement entre deux positions angulaires stables du moteur. Une telle commande pas à pas est effectuée en boucle ouverte.
- [0009] Cette commande à l'avantage de permettre une rotation à très faible vitesse et une bonne précision de la position du rotor. Cependant, elle génère des saccades d'ordres successifs qui entraînent des variations importantes d'un couple exercé par le moteur. Ainsi la commande pas à pas crée des vibrations et un bruit audible lors du fonctionnement du moteur. Ces vibrations et ce bruit seraient considérés comme particulièrement gênants dans les installations domotiques.
- [0010] L'invention a pour but de proposer une loi de commande pas à pas nécessitant peu de puissance de calcul et permettant de diminuer les vibrations et le bruit émis par rapport à une commande pas à pas classique pour un actionneur électromécanique utilisable dans des applications domotiques, notamment à l'intérieur d'un bâtiment.
- [0011] L'invention a pour objet un dispositif de contrôle d'un moteur électrique synchrone comprenant au moins un rotor et au moins un stator, ledit au moins un stator étant muni d'au moins un enroulement alimenté électriquement par une phase électrique d'un convertisseur de puissance, ledit convertisseur de puissance comprenant pour chaque phase électrique, au moins une ligne électrique munie de cellules de commutation, le dispositif de contrôle pilotant le convertisseur de puissance au moyen d'une loi de commande de type pas à pas, caractérisé en ce que la loi de commande pilote chaque cellule de commutation au moyen d'un signal de commande qui comprend une pluralité d'impulsions sur une période du signal de commande correspondant à un pas de rotation du rotor, lesdites impulsions présentant un rapport cyclique d'impulsion croissant sur la période du signal de commande.
- [0012] Le convertisseur de puissance contient au moins une ligne électrique dont chacune des parties de la ligne électrique en lien avec une masse électrique du convertisseur de puissance sera qualifiée de « côté masse », ou « low side » en anglais, et chacune des parties de la ligne électrique en lien avec une alimentation du convertisseur de

puissance sera qualifiée de « côté alimentation » ou « high side » en anglais. Chaque ligne électrique comporte sur le côté masse une première cellule de commutation, par exemple de type MOSFET ou transistor de type «IGBT» (acronyme du terme anglo-saxon Insulated Gate Bipolar Transistor), aussi qualifiée de « low side » et sur le côté alimentation une seconde cellule de commutation, par exemple de type MOSFET ou transistor de type «IGBT», aussi appelée « high side », selon un schéma connu de l'Homme du Métier.

[0013] Chaque enroulement, ou groupe d'enroulements, du stator du moteur est alimenté par une phase électriques du convertisseur de puissance. Plus particulièrement, chaque phase électrique est reliée à une ligne électrique entre la cellule de commutation côté masse et la cellule de commutation côté alimentation.

[0014] Chaque cellule de commutation du convertisseur de puissance comprend un état activé dans lequel la cellule de commutation permet un passage d'un courant et un état bloquant dans lequel ladite cellule de commutation bloque ledit passage de courant. Chaque cellule de commutation est commandée par un signal de commande.

[0015] La loi de commande du dispositif de contrôle correspond à l'ensemble des signaux de commande. Le dispositif de contrôle est donc un ensemble de composants électroniques, et un ensemble de programmes logiciels qui permettent de piloter les cellules de commutation du convertisseur de puissance.

[0016] La loi de commande génère, à chaque pas de rotation du rotor, c'est-à-dire sur une période du signal de commande, un signal de commande pour chaque cellule de commutation commandée. Ledit signal de commande comprend une pluralité d'impulsions, une impulsion correspondant au signal de commande à un niveau haut.

[0017] Selon l'invention, la loi de commande est de type pas à pas. Une période du signal de commande correspond donc à un pas de rotation. Autrement dit, à chaque pas, une nouvelle période du signal de commande est créée. A chaque période de signal correspond également une séquence de commutation des cellules de commutation. La commande est réalisée en boucle ouverte.

[0018] On définit le rapport cyclique de modulation du signal de commande comme le rapport entre la somme des durées d'impulsion, et la période du signal de commande, suivant la formule :

[0019] [Math.1]

$$R_m = \frac{\sum_n t_{in}}{T_p}$$

[0020] Avec

[0021] R_m : rapport cyclique de modulation du signal de commande

[0022] t_{in} : temps de l'impulsion n

[0023] T_p : période du signal de commande

- [0024] Pendant la période du signal de commande, les impulsions sont réalisées suivant une fréquence d'impulsion, ou autrement dit suivant une période d'impulsion. La fréquence d'impulsion peut être fixe ou variable sur la période du signal de commande.
- [0025] On définit le rapport cyclique d'impulsion comme le rapport entre la durée de l'impulsion et la période de l'impulsion, suivant la formule :
- [0026] [Math.2]
- $$R_{In} = \frac{t_{In}}{T_{In}}$$
- [0027] Avec
- [0028] R_{In} : rapport cyclique de l'impulsion n
- [0029] t_{In} : temps de l'impulsion n
- [0030] T_{In} : la période de l'impulsion n
- [0031] Ainsi, un rapport cyclique d'impulsion de 50% signifie que le signal de commande est au niveau haut 50% du temps de la période d'impulsion.
- [0032] Les impulsions du signal de commande selon l'invention présentent un rapport cyclique croissant sur chaque période du signal de commande. Autrement dit, sur chaque période du signal de commande, la durée de chaque impulsion successive augmente. Le signal de commande comprend donc une pluralité d'impulsions dont la durée de chaque impulsion est croissante sur la période du signal de commande.
- [0033] Ainsi, une tension d'alimentation moyenne de l'au moins une phase électrique, et donc un courant d'alimentation, varie de manière croissante entre une valeur minimale d'alimentation et une valeur maximale d'alimentation, à chaque période du signal de commande.
- [0034] L'invention, et plus particulièrement la création d'une tension d'alimentation graduellement croissante, permet de faire fonctionner le moteur à très faible vitesse de rotation avec une variation de vitesse et une variation de couple faibles sur un pas. Ainsi, la position du rotor varie de manière moins saccadée ce qui diminue le bruit et les vibrations émis lors du fonctionnement du moteur.
- [0035] L'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises seules ou en combinaison.
- [0036] Selon un mode de réalisation non représenté, la valeur minimale de la tension d'alimentation moyenne vaut zéro entre deux périodes successives du signal de commande.
- [0037] Ainsi, le mouvement du moteur présente un arrêt entre deux pas successifs.
- [0038] Selon un mode de réalisation, la valeur minimale de la tension d'alimentation moyenne est différente de zéro entre deux périodes successives du signal de commande.
- [0039] Ainsi, le mouvement du moteur est relativement constant.

- [0040] Selon un mode de réalisation, la loi de commande pas à pas est réalisée au moyen d'une loi de commande en modulation de largeur d'impulsion.
- [0041] Afin de pouvoir régler le niveau de la tension alimentant les phases électriques du moteur, la loi de commande pas à pas peut être réalisée par loi de commande en modulation de largeur d'impulsion, également appelée « pulse width modulation » (PWM) en anglais. Une modulation dite « tournante » est une modulation dans laquelle une cellule de commutation différente du convertisseur de puissance est modulée à chaque commutation.
- [0042] Cette commande a l'avantage d'être robuste et de requérir peu de puissance de calcul.
- [0043] Selon un mode de réalisation, la loi de commande pas à pas est réalisée au moyen d'une loi de commande en modulation de fréquence d'impulsion. Ainsi on diminue une valeur maximale des harmoniques générées lors du fonctionnement du moteur.
- [0044] Selon un mode de réalisation, le rapport cyclique d'impulsion augmente linéairement sur la période du signal de commande.
- [0045] Selon un mode de réalisation, l'augmentation du rapport cyclique d'impulsion a une pente de croissance dépendante d'une vitesse de rotation souhaitée du rotor et/ou d'un couple de travail souhaité.
- [0046] Autrement dit, le rapport cyclique d'impulsion varie sur la période du signal de commande et/ou à chaque signal de commande.
- [0047] Ainsi, le mouvement du moteur est parfaitement adapté aux contraintes s'exerçant sur celui-ci.
- [0048] Selon un mode de réalisation, une fréquence d'impulsion du signal de commande varie en fonction d'une vitesse de rotation moteur souhaitée.
- [0049] Plus la vitesse de rotation du moteur souhaitée est faible et plus la fréquence d'impulsion est importante.
- [0050] Selon un mode de réalisation, la période du signal de commande est déterminée par une condition d'arrêt dépendante d'un mouvement du rotor du moteur d'un angle de rotation prédéfini et/ou d'un seuil de tension d'alimentation maximale.
- [0051] La condition d'arrêt détermine la période du signal de commande et donc une fréquence entre chaque pas de rotation.
- [0052] La condition d'arrêt dépendante du mouvement du rotor permet de débiter une nouvelle période du signal de commande dès la réalisation du mouvement d'un pas du rotor. Autrement dit, la valeur maximale de la tension d'alimentation fournie à la phase électrique correspond au minimum nécessaire pour réaliser le mouvement du rotor d'un pas de rotation. Cette condition d'arrêt permet donc une diminution de la consommation électrique du moteur par une prise en compte d'une charge d'un environnement extérieur du moteur, notamment du poids d'un écran du dispositif

d'occultation à entraîner par le moteur. La valeur maximale de la tension d'alimentation varie donc entre chaque pas, ou entre chaque période du signal de commande.

- [0053] La condition d'arrêt dépendante d'un seuil de tension maximale correspond à une alimentation de la phase électrique tant que la valeur maximale de la tension d'alimentation n'a pas atteint le seuil de tension maximale. Le seuil de tension maximale doit donc être choisi de sorte à assurer le mouvement du rotor. Autrement dit, le seuil de tension maximale prend en compte la charge de l'environnement extérieur du moteur la plus élevée. Cependant, cette condition d'arrêt ne nécessite pas de déterminer la réalisation du mouvement du rotor.
- [0054] Selon un mode de réalisation, le mouvement du rotor est déterminé par au moins un capteur de position.
- [0055] Selon un mode de réalisation, le mouvement du rotor est déterminé au moyen d'au moins un signal représentatif de la position du rotor, différent d'un signal émis par un capteur de position.
- [0056] Par exemple, le signal représentatif de la position angulaire du rotor peut être relatif à la force contre-électromotrice générée par le moteur au niveau d'un ou plusieurs des enroulements tel que cela est décrit dans le document WO2014/207387.
- [0057] L'invention porte également sur un actionneur électromécanique destiné à un entraînement d'un dispositif d'occultation dans une installation domotique, l'actionneur électromécanique comprenant un moteur électrique synchrone muni d'au moins un rotor et d'au moins un stator, l'actionneur comprenant également un convertisseur de puissance, ledit au moins un stator étant muni d'au moins un enroulement alimenté électriquement par une phase électrique du convertisseur de puissance, ledit convertisseur de puissance comprenant pour chaque phase électrique, au moins une ligne électrique munie de cellules de commutation, l'actionneur comprenant également un dispositif de contrôle conforme à l'invention, pour le pilotage du convertisseur de puissance.
- [0058] L'invention porte également sur un procédé de contrôle mettant en œuvre un dispositif de contrôle d'un moteur électrique synchrone comprenant au moins un rotor et au moins un stator, ledit au moins un stator étant muni d'au moins un enroulement alimenté électriquement par une phase électrique d'un convertisseur de puissance, ledit convertisseur de puissance comprenant pour chaque phase électrique, au moins une ligne électrique munie de cellules de commutation, le dispositif de contrôle pilotant le convertisseur de puissance au moyen d'une loi de commande de type pas à pas, caractérisé en ce que la loi de commande détermine au moins une variation d'un rapport cyclique d'impulsion sur une période d'un signal de commande correspondant à un pas de rotation du rotor, le dispositif de contrôle comprenant une étape de commande

d'une première cellule de commutation avec un premier signal de commande, ladite étape de commande comprenant, tant qu'une condition d'arrêt n'est pas atteinte:

- une première phase dans laquelle le signal de commande comprend une première impulsion avec une première valeur de rapport cyclique;
- puis une deuxième phase dans laquelle le signal de commande comprend une deuxième impulsion avec une deuxième valeur de rapport cyclique, supérieure à la première valeur de rapport cyclique.

[0059] Ainsi, la tension d'alimentation moyenne de l'au moins une phase électrique, et donc un courant d'alimentation, varie de manière croissante entre une première valeur d'alimentation et une deuxième valeur d'alimentation.

[0060] Selon un mode de réalisation, la condition d'arrêt dépend d'un mouvement du rotor du moteur d'un angle de rotation prédéfini et/ou d'un seuil de tension d'alimentation maximale.

[0061] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une phase de détermination du mouvement du rotor du moteur d'un angle de rotation prédéfini.

[0062] Selon un mode de réalisation, la phase de détermination du mouvement du rotor met en œuvre au moins un capteur de position.

[0063] Selon un mode de réalisation, la phase de détermination du mouvement du rotor détermine le mouvement du rotor relativement à un signal représentatif de la position du rotor, différent d'un signal émis par un capteur de position..

[0064] L'invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-après, qui se rapporte à plusieurs modes de réalisation selon la présente invention, donné à titre d'exemples non limitatifs et expliqués avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :

[0065] [Fig.1] est une représentation schématique d'une période d'un signal de commande selon l'invention pour une cellule de commutation;

[0066] [Fig.2] est une représentation schématique d'une loi de commande selon l'invention sur une période électrique;

[0067] [Fig.3] est une coupe schématique transversale d'une installation conforme à un mode de réalisation de l'invention,

[0068] [Fig.4] est une vue schématique en perspective de l'installation illustrée à la [Fig.3],

[0069] [Fig.5] la [Fig.3] est une coupe schématique d'un actionneur électromécanique de l'installation illustrée aux figures 3 et 4, selon un plan de coupe passant par un axe de rotation d'un arbre de sortie de l'actionneur électromécanique,

[0070] [Fig.6] est une représentation schématique d'un convertisseur de puissance et d'un moteur électrique ;

[0071] [Fig.7] est une modélisation d'une vitesse de rotation, d'un couple, d'une position et des courants de chaque phase électrique d'un moteur piloté au moyen d'une loi de

- commande de type pas à pas selon l'état de l'art ;
- [0072] [Fig.8] est une modélisation de la vitesse de rotation, du couple, de la position et des courants de chaque phase électrique du moteur piloté au moyen d'une loi de commande de type pas à pas selon l'invention ;
- [0073] Seuls les éléments nécessaires à la compréhension de l'invention ont été représentés. Pour faciliter la lecture des dessins, les mêmes éléments portent les mêmes références d'une figure à l'autre.
- [0074] On va décrire tout d'abord, en référence aux figures 3 et 4, une installation conforme à l'invention et installée dans un bâtiment B comportant une ouverture 1, fenêtre ou porte, équipée d'un écran 2 appartenant à un dispositif d'occultation 3, en particulier un store enroulable motorisé.
- [0075] Le dispositif d'occultation 3 peut être alternativement un volet roulant, un store avec des lames orientables, ou encore une porte enroulable. En pratique, la présente invention s'applique à tous les types de dispositif d'occultation comprenant un arbre d'enroulement motorisé en rotation.
- [0076] On va décrire, en référence aux figures 3 à 5, un store motorisé conforme à un mode de réalisation de l'invention.
- [0077] L'écran 2 du dispositif d'occultation 3 est enroulé sur un arbre d'enroulement 4, prévu sous la forme d'un tube d'enroulement, entraîné par un dispositif d'entraînement motorisé 5. L'écran 2 est mobile entre une position enroulée, en particulier haute, et une position déroulée, en particulier basse.
- [0078] Le dispositif d'entraînement motorisé 5 comprend un actionneur électromécanique 11, en particulier de type tubulaire, permettant de mettre en rotation le tube d'enroulement 4 de sorte à dérouler ou enrouler l'écran 2 du dispositif d'occultation 3, c'est-à-dire que le tube d'enroulement permet un déploiement ou un repliement du dispositif d'occultation 3.
- [0079] Le dispositif d'occultation 3 comprend le tube d'enroulement 4 pour enrouler l'écran 2. Dans l'état monté de l'installation domotique, l'actionneur électromécanique 11 est inséré dans le tube d'enroulement 4.
- [0080] L'actionneur électromécanique 11 et le tube d'enroulement 4 sont tous deux positionnés de manière coaxiale le long d'un axe longitudinal X. Le diamètre intérieur du tube d'enroulement 4 est sensiblement équivalent au diamètre externe de l'actionneur électromécanique 11, de sorte que l'actionneur électromécanique 11 peut être inséré dans le tube d'enroulement 4 lors de l'assemblage du dispositif d'occultation 3.
- [0081] De manière connue, l'écran 2 du dispositif d'occultation 3 est formé par une toile, laquelle s'accroche par une première extrémité, au tube d'enroulement et par l'autre extrémité à une barre lestée 8.
- [0082] La position haute enroulée de l'écran correspond à la position de la barre lestée au

niveau du tube d'enroulement et la position basse déroulée correspond à la position de la barre lestée 8 de l'écran 2 au niveau du seuil 7 de l'ouverture 1. Le déploiement de l'écran peut être guidé par des coulisses 6.

- [0083] Le tube d'enroulement 4 peut être disposé à l'intérieur d'un coffre 9 ou être apparent. Le tube d'enroulement 4 est mobile en rotation par rapport à un support 10, tel qu'une joue, du coffre 9.
- [0084] Le dispositif d'entraînement motorisé 5 est commandé par une unité de commande. L'unité de commande peut être, par exemple, une unité de commande locale 12, où l'unité de commande locale 12 peut être reliée en liaison filaire ou non filaire avec une unité de commande centrale 13. L'unité de commande 12 est représentée ici en version radio avec une antenne 12a. L'unité de commande centrale 13 pilote l'unité de commande locale 12, ainsi que d'autres unités de commande locales similaires et réparties dans le bâtiment. Elle est représentée ici munie d'une antenne radio 13a.
- [0085] L'unité de commande centrale 13 peut être en communication avec un ou plusieurs capteurs, non représentés, pouvant être configurés pour déterminer, par exemple, une température, une luminosité intérieure ou extérieure.
- [0086] Une télécommande 14, pouvant être un type d'unité de commande locale, et pourvue d'un clavier de commande, qui comprend des moyens de sélection et éventuellement d'affichage, permet, en outre, à un utilisateur d'intervenir sur l'actionneur électromécanique 11 et/ou l'unité de commande locale 12 et/ou centrale 13.
- [0087] Le dispositif d'entraînement motorisé 5 est, de préférence, configuré pour exécuter les commandes de déroulement ou d'enroulement de l'écran 2 du dispositif d'occultation 3, pouvant être émises notamment par la télécommande 14, l'unité de commande locale 12, l'unité de commande centrale 13 ou un capteur.
- [0088] On va décrire à présent, plus en détail, l'actionneur électromécanique 11 appartenant à l'installation domotique des figures 3 à 5.
- [0089] L'actionneur électromécanique 11 est alimenté en énergie électrique par un réseau d'alimentation électrique du bâtiment, par exemple par le réseau alternatif du secteur ou par un bus à courant continu, ou encore au moyen d'une batterie non représentée, pouvant être rechargée, par exemple, par un panneau photovoltaïque. Ici, l'actionneur électromécanique 11 comprend un câble d'alimentation électrique 18 permettant son alimentation en énergie électrique depuis le réseau d'alimentation électrique du secteur.
- [0090] Des moyens de commande de l'actionneur électromécanique 11, permettant le déplacement de l'écran 2 du dispositif d'occultation 3, sont constitués par au moins un dispositif de contrôle 15. Les moyens de commande de l'actionneur électromécanique 11 comprennent des moyens matériels et/ou logiciels. A titre d'exemple nullement limitatif, les moyens matériels peuvent comprendre au moins un microcontrôleur.

- [0091] Le dispositif de contrôle 15 est apte à mettre en fonctionnement un moteur électrique 16 de l'actionneur électromécanique 11 et, en particulier, à permettre l'alimentation en énergie électrique du moteur électrique 16. Ainsi, le dispositif de contrôle 15 commande, notamment, le moteur électrique 16, de sorte à ouvrir ou fermer l'écran 2, comme décrit précédemment.
- [0092] Le dispositif de contrôle 15 est notamment configuré pour piloter le moteur électrique 16 de manière à mettre en mouvement l'écran 2 pour le déplacer entre une position actuelle et une position d'arrêt souhaitée.
- [0093] Le dispositif de contrôle 15 de l'actionneur électromécanique 11 peut comprendre un dispositif de détection d'obstacle et de fins de course (non représenté) lors de l'enroulement de l'écran 2 et lors du déroulement de cet écran.
- [0094] Le dispositif de contrôle 15 comprend un module de réception d'ordres, en particulier d'ordres radioélectriques émis par un émetteur d'ordres, tel que la télécommande 14, destiné à commander l'actionneur électromécanique 11. Le module de réception d'ordres peut ainsi recevoir des consignes de position et/ou ordres de mouvement, tels que, par exemple, ouvrir ou fermer l'écran 2, provenant par exemple d'une unité de commande locale 12, d'une télécommande 14, d'une unité de commande centrale 13 ou d'un capteur de l'installation domotique. Le module de réception d'ordres peut également permettre la réception d'ordres transmis par des moyens filaires.
- [0095] Ici, et tel qu'illustré à la [Fig.5], le dispositif de contrôle 15 est disposé à l'intérieur d'un carter 17 de l'actionneur électromécanique 11.
- [0096] Dans un autre mode de réalisation non représenté, l'actionneur électromécanique 11 est destiné à être placé dans un rail profilé en U et destiné à entraîner en rotation un arbre d'enroulement sur lequel s'enroulent des cordons associés à l'écran.
- [0097] Le carter 17 de l'actionneur électromécanique 11 est, préférentiellement, de forme cylindrique. Dans un mode de réalisation, le carter 17 peut être réalisé dans un matériau métallique. La matière du carter de l'actionneur électromécanique n'est nullement limitative et peut être différente, il peut en particulier s'agir de matière plastique.
- [0098] L'actionneur électromécanique 11 comprend également un réducteur 19, en particulier un réducteur épicycloïdal et un arbre de sortie 20. Avantageusement, le moteur électrique 16 et le réducteur 19 sont disposés à l'intérieur du carter 17 de l'actionneur électromécanique 11.
- [0099] L'arbre de sortie 20 de l'actionneur électromécanique 11 est disposé à l'intérieur du tube d'enroulement 4 et, au moins en partie, à l'extérieur du carter 17 de l'actionneur électromécanique 11.
- [0100] L'arbre de sortie 20 de l'actionneur électromécanique 11 est accouplé par un ac-

cessoire de liaison 30 au tube d'enroulement 4, en particulier un accessoire de liaison en forme de roue.

- [0101] L'actionneur électromécanique 11 comprend également un support de couple 21, monté au niveau d'une extrémité du carter 17 opposée à l'arbre de sortie 20 et obturant l'extrémité du carter 17. Le carter 17 et le support de couple 21 sont fixes en rotation l'un par rapport à l'autre.
- [0102] Le support de couple 21 de l'actionneur électromécanique 11 est fixé au support 10 du coffre 9 du dispositif d'occultation 3. Le support de couple 21 est également appelé « point fixe » de l'actionneur électromécanique 11.
- [0103] L'actionneur électromécanique 11 comprend également une couronne-palier montée sur le carter 17 et libre en rotation par rapport au carter 17. La couronne-palier est fixée en rotation au tube d'enroulement 4, de sorte que la couronne-palier assure une fonction de palier en rotation du tube d'enroulement 4 sur le carter 17, à proximité du support de couple 21.
- [0104] Le dispositif de contrôle 15 de l'actionneur électromécanique 11 comprend un circuit de redressement D1, D2, D3, D4 de la tension alternative du réseau d'alimentation électrique permettant de transformer le courant alternatif du réseau d'alimentation en un courant continu, et un convertisseur de puissance. Le convertisseur de puissance est ainsi connecté électriquement à une source de tension alternative V1. La valeur de la tension alternative V1 est définie par rapport à une tension de référence. Alternativement, le circuit de redressement de la tension alternative du réseau d'alimentation électrique peut être externe à l'actionneur électromécanique 11.
- [0105] Le convertisseur de puissance contient trois lignes électriques dont chacune des parties des lignes électriques en lien avec une masse électrique de la source de tension alternative V1 du convertisseur de puissance sera qualifiée de « côté masse », ou « low side » en anglais, et chacune des parties des lignes électriques en lien avec une alimentation de la source de tension alternative V1 du convertisseur de puissance sera qualifiée de « côté alimentation » ou « high side » en anglais. Chaque ligne électrique comporte sur le côté masse une première cellule de commutation M4, M5, M6, par exemple de type MOSFET ou transistor de type « IGBT » (acronyme du terme anglo-saxon Insulated Gate Bipolar Transistor), aussi qualifiée de « low side » et sur le côté alimentation une seconde cellule de commutation M1, M2, M3, par exemple de type MOSFET ou transistor de type « IGBT », aussi appelée « high side », tel que représenté en [Fig.6].
- [0106] Des phases électriques U, V, W alimentant des enroulements, ou groupe d'enroulements, Ph1, Ph2, Ph3 du stator du moteur sont reliées par les lignes électriques de l'onduleur. Plus particulièrement, chaque phase U, V, W est reliée à une ligne électrique du convertisseur de puissance, entre la cellule de commutation côté

masse M4, M5, M6 et la cellule de commutation côté alimentation M1, M2, M3.

- [0107] Chaque cellule de commutation M1, M2, M3, M4, M5, M6 du convertisseur de puissance comprend un état activé dans lequel la cellule de commutation M1, M2, M3, M4, M5, M6 permet un passage d'un courant et un état bloquant dans lequel ladite cellule de commutation M1, M2, M3, M4, M5, M6 bloque ledit passage de courant. Chaque cellule de commutation est commandée par un signal de commande.
- [0108] Une loi de commande du convertisseur de puissance correspond à l'ensemble des signaux de commande. Le convertisseur électrique alimente ainsi en énergie électrique les enroulements, ou groupe d'enroulements, Ph1, Ph2, Ph3, de sorte à produire le champ électromagnétique tournant provoquant l'entraînement en rotation du rotor du moteur électrique 16.
- [0109] Enfin le convertisseur de puissance comprend une résistance électrique R2 positionnée en série entre le réseau d'alimentation électrique V1 et la cellule de commutation M6. Cette résistance est également appelée résistance de shunt R2.
- [0110] Le moteur électrique 16 comprend un stator et un rotor positionnés de manière coaxiale autour de l'axe longitudinal ou axe de rotation X.
- [0111] Le moteur électrique 16 est synchrone, par exemple un moteur « sans balais » à commutation électronique, ou un moteur synchrone à aimants permanents, appelé « PMSM » (acronyme du terme anglais Permanent Magnetic Synchron Motor), ou un moteur synchronoréductant avec ou sans aimant permanents.
- [0112] Le moteur comprend un rotor muni de pôles et un stator comprenant les enroulements, ou groupe d'enroulements Ph1, Ph2, Ph3, en l'occurrence trois, reliés électriquement entre eux, tel qu'illustré schématiquement à la [Fig.6]. Plus précisément, les enroulements Ph1, Ph2, Ph3 sont reliés entre eux de sorte que lorsqu'ils sont parcourus alternativement par un courant d'alimentation, ils produisent un champ électromagnétique tournant qui entraîne en rotation le rotor.
- [0113] Chaque enroulement, ou groupe d'enroulements, Ph1, Ph2, Ph3 du stator est alimenté par une phase électrique U, V, W comme cela est visible sur la [Fig.6].
- [0114] Le dispositif de contrôle 15 de l'actionneur électromécanique 11 comprend également un dispositif de détermination de la position angulaire du rotor (non représentés). Ce dispositif est configuré pour fournir au dispositif de contrôle 15 un signal représentatif de la position angulaire du rotor par rapport au stator. La position angulaire est ici définie par rapport aux positions des enroulements Ph1, Ph2, Ph3 sur le stator et exprimée sous la forme d'un angle, dit angle électrique, qui peut prendre une valeur comprise dans l'intervalle $[0^\circ, 360^\circ]$ modulo 360° . Ainsi, l'angle 360° correspond à l'angle 0° . La position d'origine de l'angle est ici choisie égale à 0° .
- [0115] Selon un mode de réalisation, le dispositif de détermination peut être un capteur physique. Le dispositif de détermination de la position angulaire du rotor comprend au

moins un capteur positionné de manière fixe par rapport au stator, de préférence intégré à celui-ci. De préférence, ce dispositif de détermination de position angulaire comprend au moins un capteurs à effet Hall à sortie binaire. De façon connue, de tels capteurs sont configurés pour réagir aux flux magnétiques des aimants du rotor et pour fournir chacun un signal représentatif de la position angulaire du rotor permettant de déterminer la position et la vitesse du rotor. Autrement dit, l'au moins un capteur est apte à fournir une position angulaire du rotor du moteur électrique autour de l'axe X et donc une position angulaire équivalente de l'arbre de sortie de l'actionneur électromécanique 11. En variante, d'autres types de capteurs peuvent aussi être utilisés, comme des codeurs à roue.

- [0116] Selon un autre mode de réalisation, le dispositif de détermination de la position angulaire du rotor détermine la position du rotor au moyen d'au moins un signal représentatif de la position du rotor, différent d'un signal émis par un capteur de position, par exemple en mesurant la force contre-électromotrice générée par le moteur au niveau d'un ou plusieurs des enroulements Ph1, Ph2, Ph3.
- [0117] La loi de commande de type pas à pas selon l'invention va être décrite en détail en référence aux figures 1 et 2. La loi de commande comprend un signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} pour chaque cellule de commutation M1, M2, M3, M4, M5, M6. La loi de commande génère, à chaque pas de rotation du rotor, c'est-à-dire sur une période T_p du signal de commande, un signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} pour chaque cellule de commutation M1, M2, M3, M4, M5, M6 commandée. Ledit signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} comprend une pluralité d'impulsions I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5 , une impulsion I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5 , correspondant au signal de commande à un niveau haut.
- [0118] Selon l'invention, la loi de commande est de type pas à pas. Dans une telle commande, l'alimentation des enroulements Ph1, Ph2, Ph3 est réalisée de sorte à faire tourner le rotor d'un angle déterminé correspondant à un « pas ». L'angle de rotation, ou le pas de rotation du moteur, dépend du nombre de phases électriques du stator et du nombre de paires de pôles du rotor. Plusieurs pas successifs peuvent être effectués dans le même sens de rotation avec ou sans un arrêt du rotor entre chaque pas. Autrement dit, un pas correspond à un mouvement entre deux positions angulaires stables du moteur. Une telle commande pas à pas est effectuée en boucle ouverte.
- [0119] La période T_p du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} correspond donc à un pas de rotation. Autrement dit, à chaque pas, une nouvelle période T_p du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} est créée.
- [0120] Un rapport cyclique de modulation du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} est le rapport entre la somme des durées t_{I1} , t_{I2} , t_{I3} , t_{I4} , t_{I5} d'impulsion I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5 , et la période T_p du signal de commande, suivant la formule :

[0121] [Math.1]

$$R_m = \frac{\sum_n t_{in}}{T_p}$$

[0122] Avec

[0123] R_m : rapport cyclique de modulation du signal de commande

[0124] t_{in} : temps de l'impulsion n

[0125] T_p : période du signal de commande

[0126] Pendant la période T_p du signal de commande $S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6}$, les impulsions I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 , sont réalisées suivant une fréquence d'impulsion, ou autrement dit suivant une période T_1 d'impulsion. La fréquence d'impulsion peut être fixe ou variable sur la période T_p du signal de commande $S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6}$.

[0127] Le rapport cyclique d'impulsion est le rapport entre la durée $t_{i1}, t_{i2}, t_{i3}, t_{i4}, t_{i5}$ de l'impulsion I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 et la période T_1 de l'impulsion impulsions I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 , suivant la formule :

[0128] [Math.2]

$$R_{In} = \frac{t_{in}}{T_{In}}$$

[0129] Avec

[0130] R_{In} : rapport cyclique de l'impulsion n

[0131] t_{in} : temps de l'impulsion n

[0132] T_{In} : la période de l'impulsion n

[0133] Ainsi, un rapport cyclique d'impulsion R_{In} de 50% signifie que le signal de commande $S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6}$ est au niveau haut 50% du temps de la période T_1 d'impulsion I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 .

[0134] Les impulsions I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 du signal de commande $S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6}$ selon l'invention présentent un rapport cyclique croissant. Autrement dit, sur chaque période T_p du signal de commande $S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6}$, la durée $t_{i1}, t_{i2}, t_{i3}, t_{i4}, t_{i5}$ de chaque impulsion I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 successive augmente. Le signal de commande $S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6}$ comprend donc une pluralité d'impulsions I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 dont la durée de chaque impulsion I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 est croissante sur la période T_p du signal de commande $S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6}$.

[0135] Tel qu'illustrée sur la [Fig.2], les signaux de commande de deux cellules de commutation sont modulées sur une période T_p du signal de commande $S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6}$. De manière connue, lorsque la cellule de commutation M1 est modulée et qu'une autre cellule M5 ou M6 est commutée à un état haut, la phase électrique U est alimentée, lorsque la cellule de commutation M2 est modulée et qu'une autre cellule M4 ou M6 est commutée à un état haut, la phase électrique V est alimentée, lorsque la cellule de commutation M3 est modulée et qu'une autre cellule M4 ou M5 est commutée à un état haut, la phase électrique W est alimentée.

- [0136] Ainsi, une tension d'alimentation moyenne de chaque phase électrique U, V, W, et donc un courant d'alimentation, varie de manière croissante entre une valeur minimale d'alimentation et une valeur maximale d'alimentation à chaque période T_p du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} .
- [0137] Selon un mode de réalisation non représenté, la valeur minimale de la tension d'alimentation moyenne vaut zéro entre deux périodes T_p successives du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} .
- [0138] Ainsi, le mouvement du moteur présente un arrêt entre deux pas successifs.
- [0139] Selon un mode de réalisation, la valeur minimale de la tension d'alimentation moyenne est différente de zéro entre deux périodes T_p successives du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} .
- [0140] Ainsi, le mouvement du moteur est relativement constant.
- [0141] Selon un mode de réalisation, la loi de commande pas à pas est réalisée au moyen d'une loi de commande en modulation de largeur d'impulsion.
- [0142] Afin de pouvoir régler le niveau de la tension alimentant les phases électriques du moteur, la loi de commande pas à pas peut être réalisée par loi de commande en modulation de largeur d'impulsion, également appelée « pulse width modulation » (PWM) en anglais. Une modulation dite « tournante » est une modulation dans laquelle une cellule de commutation M1, M2, M3, M4, M5, M6 différente du convertisseur de puissance est modulée à chaque commutation.
- [0143] Cette commande a l'avantage d'être robuste et de requérir peu de puissance de calcul.
- [0144] Selon un mode de réalisation, la loi de commande pas à pas est réalisée au moyen d'une loi de commande en modulation de fréquence d'impulsion. Ainsi on diminue une valeur maximale des harmoniques générées lors du fonctionnement du moteur.
- [0145] Selon un mode de réalisation, le rapport cyclique d'impulsion R_{in} augmente linéairement sur la période T_p du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} .
- [0146] Selon un mode de réalisation, l'augmentation du rapport cyclique d'impulsion R_{in} a une pente de croissance dépendante d'une vitesse de rotation souhaitée du rotor et/ou d'un couple de travail souhaité.
- [0147] Selon un mode de réalisation, une fréquence d'impulsion du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} varie en fonction d'une vitesse de rotation moteur souhaitée.
- [0148] Selon un mode de réalisation, la période T_p du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} est déterminée par une condition d'arrêt dépendante d'un mouvement du rotor du moteur d'un angle de rotation prédéfini et/ou d'un seuil de tension d'alimentation maximale.
- [0149] La condition d'arrêt détermine la période T_p du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} et donc une fréquence entre chaque pas de rotation.

- [0150] La condition d'arrêt dépendante du mouvement du rotor permet de débiter une nouvelle période T_P du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} dès la réalisation du mouvement d'un pas du rotor. Autrement dit, la valeur maximale de la tension d'alimentation fournie à la phase électrique U, V, W correspond au minimum nécessaire pour réaliser le mouvement du rotor d'un pas de rotation. Cette condition d'arrêt permet donc une diminution de la consommation électrique du moteur par une prise en compte d'une charge d'un environnement extérieur du moteur, notamment du poids d'un écran 2 du dispositif d'occultation 3 à entrainer par le moteur. La valeur maximale de la tension d'alimentation varie donc entre chaque pas, ou entre chaque période T_P du signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} .
- [0151] La condition d'arrêt dépendante d'un seuil de tension maximale correspond à une alimentation de la phase électrique U, V, W tant que la valeur maximale de la tension d'alimentation n'a pas atteint le seuil de tension maximale. Le seuil de tension maximale doit donc être choisi de sorte à assurer le mouvement du rotor. Autrement dit, le seuil de tension maximale prend en compte la charge de l'environnement extérieur du moteur la plus élevée. Cependant, cette condition d'arrêt ne nécessite pas de déterminer la réalisation du mouvement du rotor.
- [0152] Le dispositif de contrôle 15 met en œuvre un procédé de contrôle comprenant une étape de commande d'une première cellule de commutation M1, M2, M3, M4, M5, M6 avec un premier signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} , ladite étape de commande comprenant, tant qu'une condition d'arrêt n'est pas atteinte:
- une première phase dans laquelle le signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} comprend une première impulsion I_1 avec une première valeur de rapport cyclique;
 - puis une deuxième phase dans laquelle le signal de commande S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6} comprend une deuxième impulsion I_2 avec une deuxième valeur de rapport cyclique, supérieure à la première valeur de rapport cyclique.
- [0153] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une phase de détermination du mouvement du rotor du moteur d'un angle de rotation prédéfini mettant en œuvre au moins un capteur de position et/ou déterminant le mouvement du rotor au moyen d'au moins un signal représentatif de la position du rotor, différent d'un signal émis par le capteur de position.
- [0154] La [Fig.7] illustre une modélisation d'une vitesse de rotation, d'un couple, d'une position et des courants de chaque phase électrique U, V, W, d'un moteur piloté au moyen d'une loi de commande de type pas à pas selon l'état de l'art, la commande imposant une consigne de vitesse à 30rpm et un couple résistant de 10mNm.
- [0155] Le courant de chaque phase moteur U, V, W présente une forme sensiblement en créneaux à chaque pas du moteur ou sur chaque période T_P du signal de commande.

Ainsi, à chaque pas, la vitesse de rotation présente des fluctuations variant de 44rad/s, le couple moteur varie de 22mNm et la position du rotor atteint rapidement la position du pas P'1 puis oscille autour de cette position avant de se stabiliser.

- [0156] A titre de comparaison, la [Fig.8] illustre une modélisation de la vitesse de rotation, du couple, de la position et des courants de chaque phase électrique U, V, W, du moteur piloté au moyen de la loi de commande de type pas à pas selon l'invention, la commande imposant une consigne de vitesse à 30rpm et un couple résistant de 10mNm comme précédemment.
- [0157] Le courant de chaque phase moteur U, V, W présente une forme sensiblement linéairement croissante à chaque pas du moteur ou sur chaque période T_P du signal de commande. Ainsi, à chaque pas, la vitesse de rotation présente des fluctuations variant de 16rad/s, le couple moteur varie de 2mNm, il est donc fortement lissé, et la position P1 du rotor est atteinte de manière progressive. Le mouvement du moteur réalisé avec la loi de commande selon l'invention permet un mouvement moins saccadé que dans l'état de l'art.
- [0158] L'invention, et plus particulièrement la création d'une tension d'alimentation graduellement croissante, permet de faire fonctionner le moteur à très faible vitesse de rotation avec une variation de vitesse et une variation de couple faibles sur un pas. Ainsi, la position du rotor varie de manière moins saccadée ce qui diminue le bruit et les vibrations émis lors du fonctionnement du moteur.
- [0159] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés aux figures annexées. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif de contrôle (15) d'un moteur électrique (16) synchrone comprenant au moins un rotor et au moins un stator, ledit au moins un stator étant muni d'au moins un enroulement (Ph1, Ph2, Ph3) alimenté électriquement par une phase électrique (U, V, W) d'un convertisseur de puissance, ledit convertisseur de puissance comprenant pour chaque phase électrique (U, V, W), au moins une ligne électrique munie de cellules de commutation (M1, M2, M3, M4, M5, M6), le dispositif de contrôle (15) pilotant le convertisseur de puissance au moyen d'une loi de commande de type pas à pas, caractérisé en ce que la loi de commande pilote chaque cellule de commutation (M1, M2, M3, M4, M5, M6) au moyen d'un signal de commande (S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6}) qui comprend une pluralité d'impulsions (I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5) sur une période (T_p) du signal de commande (S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6}) correspondant à un pas de rotation du rotor, lesdites impulsions (I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5) présentant un rapport cyclique d'impulsion (R_{in}) croissant sur la période (T_p) du signal de commande (S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6}).
- [Revendication 2] Dispositif de contrôle (15) selon la revendication 1, dans lequel le rapport cyclique d'impulsion (R_{in}) augmente linéairement sur la période (T_p) du signal de commande (S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6}).
- [Revendication 3] Dispositif de contrôle (15) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'augmentation du rapport cyclique d'impulsion (R_{in}) a une pente de croissance dépendante d'une vitesse de rotation souhaitée du rotor et/ou d'un couple de travail souhaité.
- [Revendication 4] Dispositif de contrôle (15) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une fréquence d'impulsion du signal de commande (S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6}) varie en fonction d'une vitesse de rotation moteur souhaitée.
- [Revendication 5] Dispositif de contrôle (15) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la période (T_p) du signal de commande (S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6}) est déterminée par une condition d'arrêt dépendante d'un mouvement du rotor du moteur (16) d'un angle de rotation prédéfini et/ou d'un seuil de tension d'alimentation maximale.
- [Revendication 6] Dispositif de contrôle (15) selon la revendication 5, dans lequel le mouvement du rotor est déterminé par au moins un capteur de position.
- [Revendication 7] Dispositif de contrôle (15) selon la revendication 5, dans lequel le mouvement du rotor est déterminé au moyen d'au moins un signal re-

présentatif de la position du rotor, différent d'un signal émis par un capteur de position.

[Revendication 8]

Actionneur électromécanique (11) destiné à un entraînement d'un dispositif d'occultation (3) dans une installation domotique, l'actionneur électromécanique (11) comprenant un moteur électrique (16) synchrone muni d'au moins un rotor et d'au moins un stator, l'actionneur (11) comprenant également un convertisseur de puissance, ledit au moins un stator étant muni d'au moins un enroulement (Ph1, Ph2, Ph3) alimenté électriquement par une phase électrique (U, V, W) du convertisseur de puissance, ledit convertisseur de puissance comprenant pour chaque phase électrique (U, V, W), au moins une ligne électrique munie de cellules de commutation (M1, M2, M3, M4, M5, M6), l'actionneur comprenant également un dispositif de contrôle (15) conforme à l'une au moins des revendications précédentes, pour le pilotage du convertisseur de puissance.

[Revendication 9]

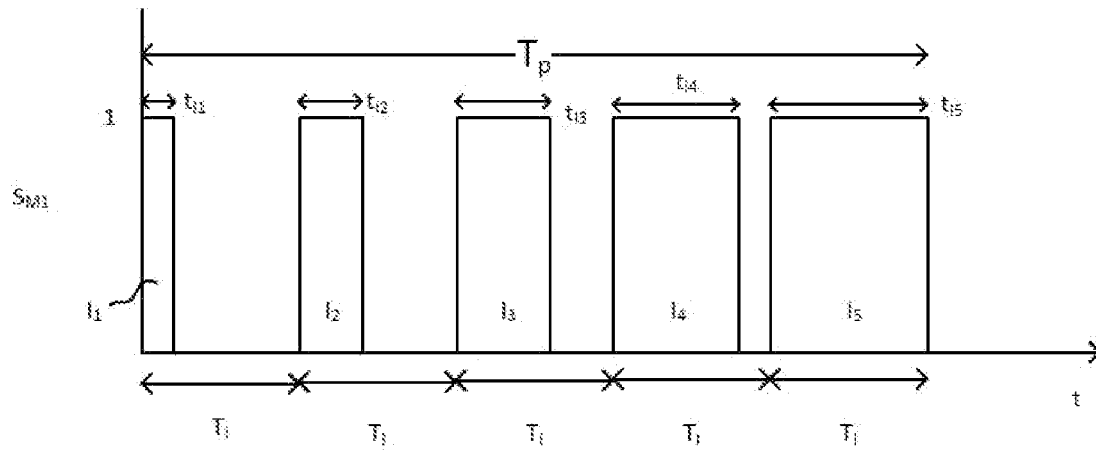
Procédé de contrôle mettant en œuvre un dispositif de contrôle (15) d'un moteur électrique (16) synchrone comprenant au moins un rotor et au moins un stator, ledit au moins un stator étant muni d'au moins un enroulement (Ph1, Ph2, Ph3) alimenté électriquement par une phase électrique (U, V, W) d'un convertisseur de puissance, ledit convertisseur de puissance comprenant pour chaque phase électrique (U, V, W), au moins une ligne électrique munie de cellules de commutation (M1, M2, M3, M4, M5, M6), le dispositif de contrôle pilotant le convertisseur de puissance au moyen d'une loi de commande de type pas à pas, caractérisé en ce que la loi de commande détermine au moins une variation d'un rapport cyclique d'impulsion (R_{in}) sur une période (T_p) d'un signal de commande (S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} , S_{M4} , S_{M5} , S_{M6}) correspondant à un pas de rotation du rotor, le dispositif de contrôle (15) comprenant une étape de commande d'une première cellule de commutation avec un premier signal de commande, ladite étape de commande comprenant, tant qu'une condition d'arrêt n'est pas atteinte:

- une première phase dans laquelle le signal de commande comprend une première impulsion avec une première valeur de rapport cyclique;
- puis une deuxième phase dans laquelle le signal de commande comprend une deuxième impulsion avec une deuxième valeur de rapport cyclique, supérieure à la première valeur de rapport

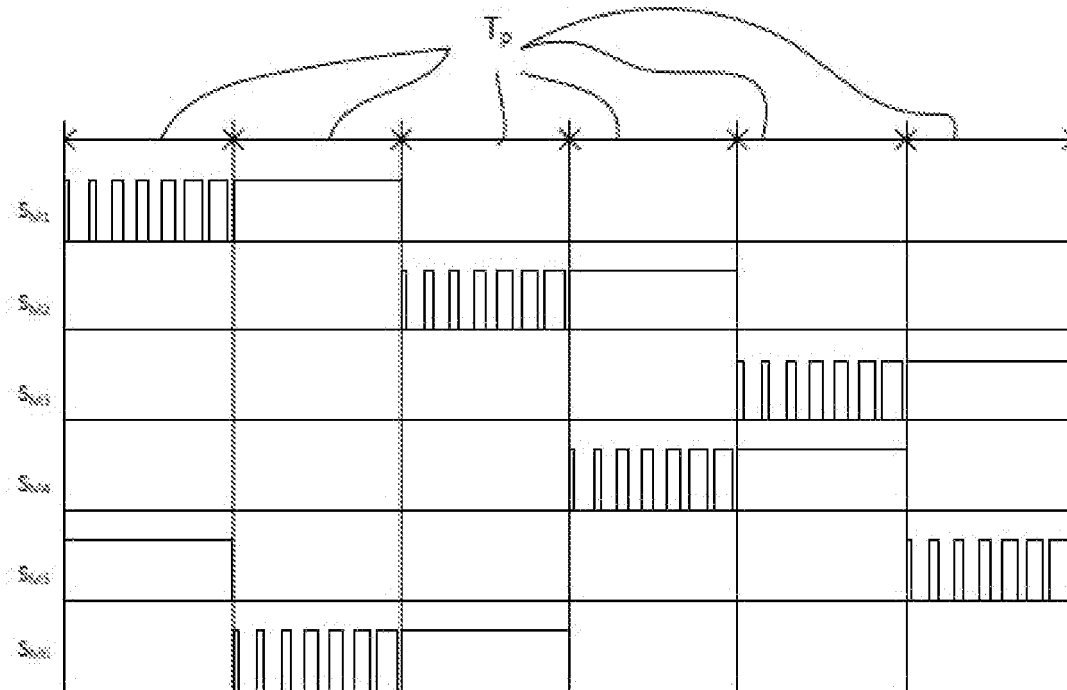
cyclique.

- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel la condition d'arrêt dépend d'un mouvement du rotor du moteur d'un angle de rotation prédéfini et/ou d'un seuil de tension d'alimentation maximale.
- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, comprenant une phase de détermination du mouvement du rotor du moteur d'un angle de rotation prédéfini.
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication 11, dans lequel la phase de détermination du mouvement du rotor met en œuvre au moins un capteur de position.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12, dans lequel la phase de détermination du mouvement du rotor détermine le mouvement du rotor relativement à un signal représentatif de la position du rotor, différent d'un signal émis par un capteur de position.

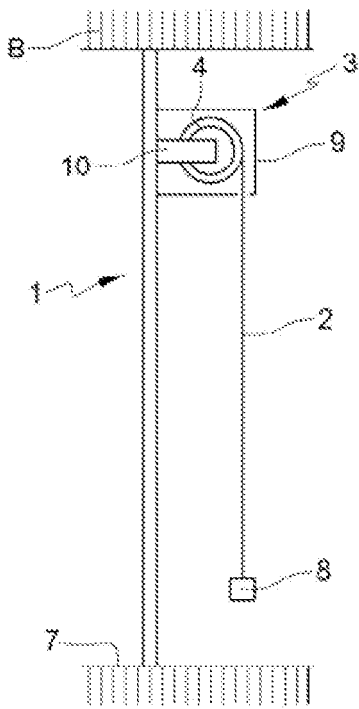
[Fig. 1]



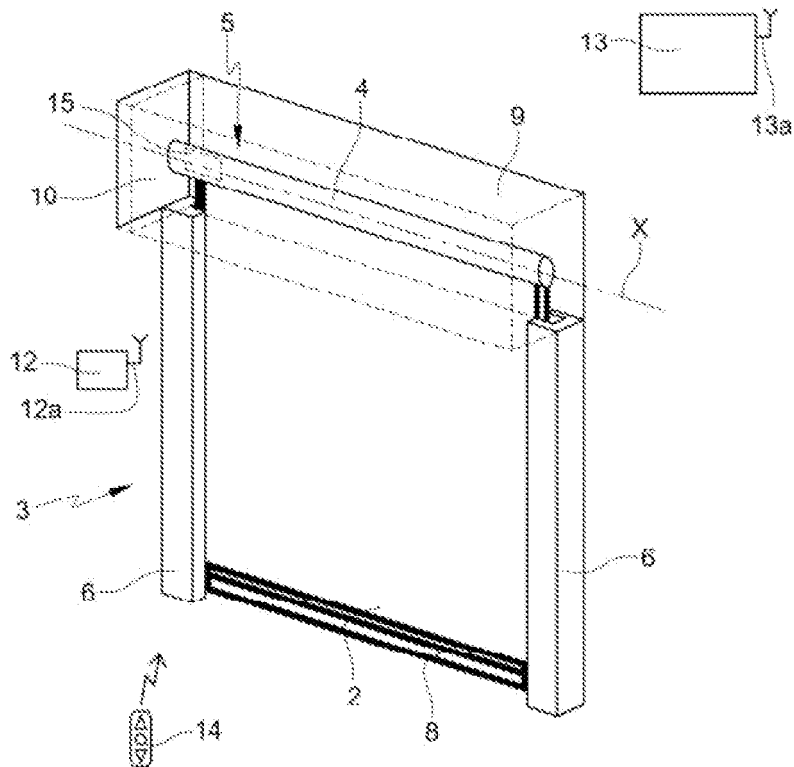
[Fig. 2]



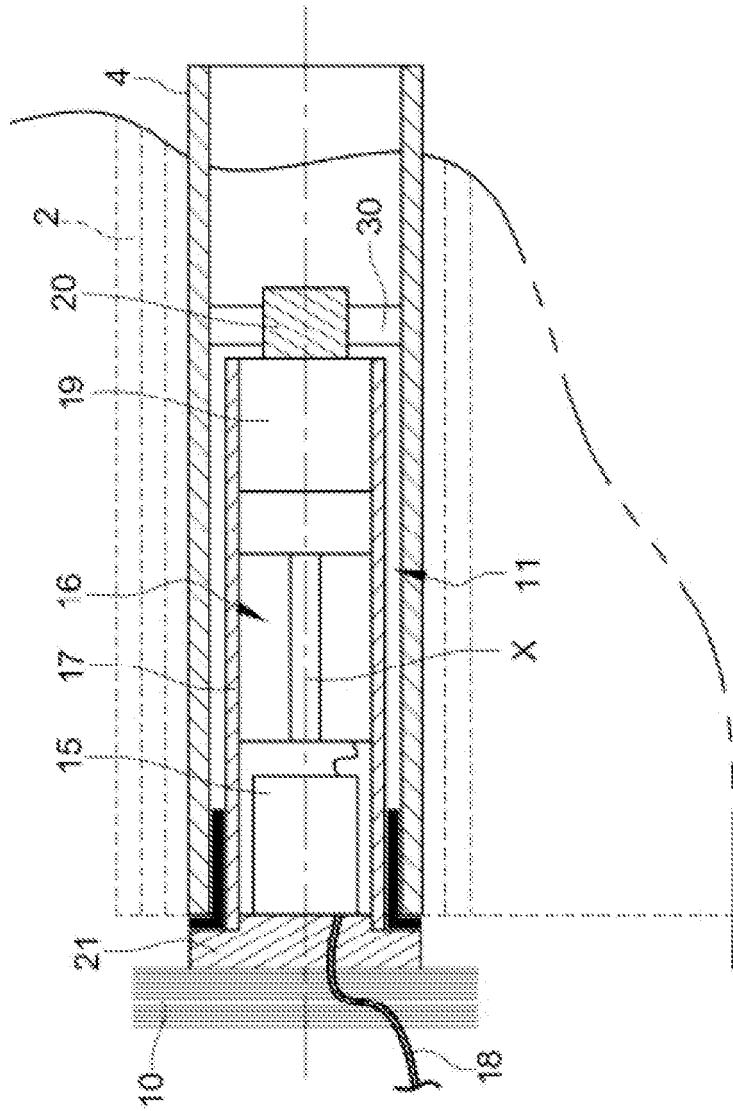
[Fig. 3]



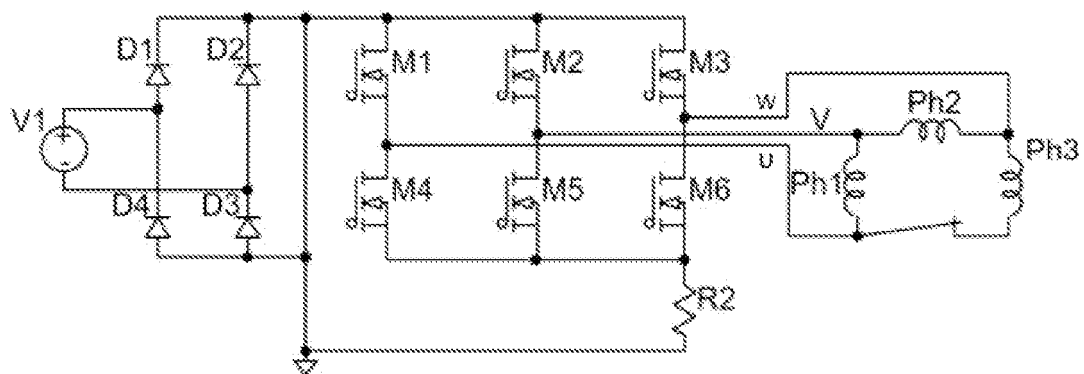
[Fig. 4]



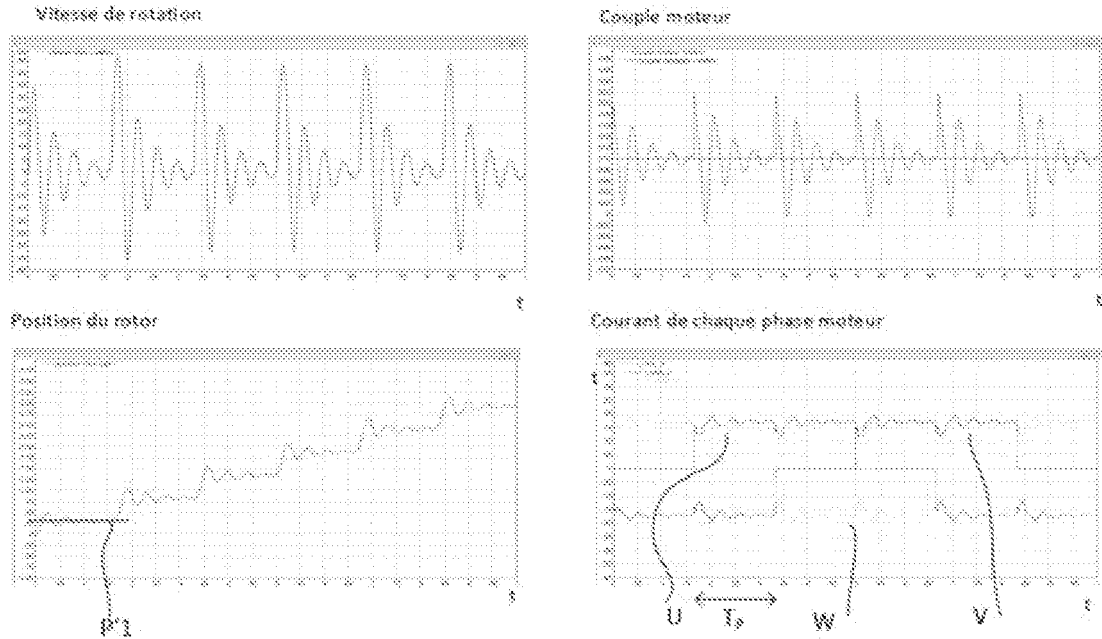
[Fig. 5]



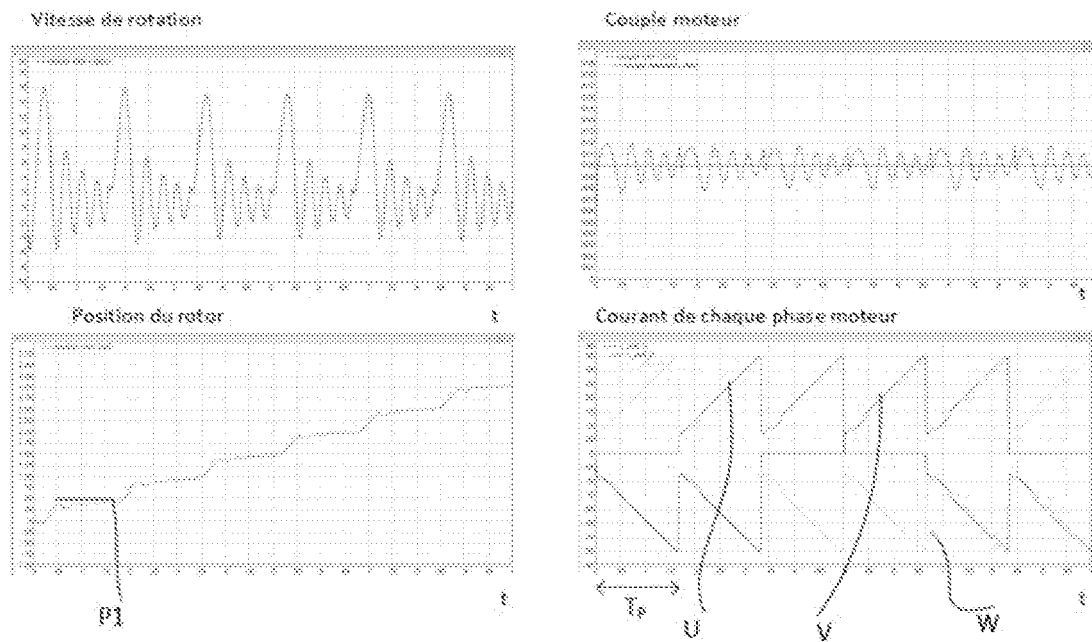
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 914576
FR 2214608

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 117 171 A (BONSS RAINER [DE]) 26 mai 1992 (1992-05-26) * le document en entier * -----	1-13	H02P8/14 H02P6/16 H02P27/08 E06B9/68 G05B19/40
A	US 2019/097562 A1 (LEE YOUNG JOO [US] ET AL.) 28 mars 2019 (2019-03-28) * le document en entier * -----	1-13	
A	WO 97/39523 A1 (PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; PHILIPS NORDEN AB [SE] ET AL.) 23 octobre 1997 (1997-10-23) * le document en entier * -----	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02P
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 juin 2023		Fraïssé, Stéphane	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2214608 FA 914576**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **13-06-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5117171	A	26-05-1992	DE 3918538 A1	13-12-1990
			EP 0401563 A1	12-12-1990
			ES 2050873 T3	01-06-1994
			US 5117171 A	26-05-1992

US 2019097562	A1	28-03-2019	CN 109546920 A	29-03-2019
			DE 102018123235 A1	28-03-2019
			US 2019097562 A1	28-03-2019

WO 9739523	A1	23-10-1997	DE 69616053 T2	20-06-2002
			EP 0832513 A1	01-04-1998
			JP 3782115 B2	07-06-2006
			JP H11509080 A	03-08-1999
			WO 9739523 A1	23-10-1997
