

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 27.02.17.

③0 Priorité : 29.02.16 DE 102016203176.7.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.09.17 Bulletin 17/35.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH — DE.

⑦2 Inventeur(s) : BAUER ULRICH et SIEBER UDO.

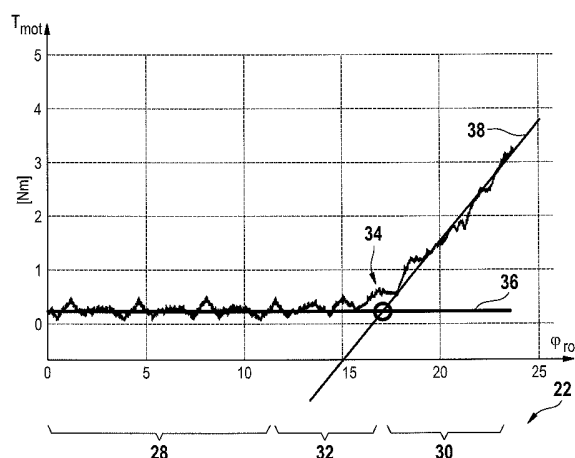
⑦3 Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GMBH.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

⑤4 PROCÉDE POUR DETERMINER LE POINT DE CONTACT D'UN RESSORT D'ACTIONNEUR DE PEDALE D'ACCELERATEUR AVEC LE LEVIER DE PEDALE ET PEDALE D'ACCELERATEUR AINSI REALISEE.

⑤7 Procédé pour déterminer le point de contact (34) du ressort (16) d'un actionneur de pédale d'accélérateur (12) avec le levier de pédale d'accélérateur (13), consistant à :

- alimenter le moteur (14) avec un vecteur d'espace pour que le rotor parcoure un trajet (22),
- mesurer la position de rotor (φ_{rot}) sur le trajet (22),
- déterminer l'angle de charge (φ_{charg}) par la différence de l'angle de phase (φ_{U}) du vecteur d'espace et de l'angle (φ_{rot}),
- déterminer la droite de course à vide (36) avec l'angle (φ_{charg}) dans un premier segment (28) de la course (22),
- déterminer la droite de charge du ressort (38) en se fondant sur l'angle de charge dans un second segment (30) du trajet (22), et
- déterminer le point de contact (34) comme intersection des droites (36, 38).



Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte à un procédé pour déterminer le point de contact du ressort d'un actionneur de pédale d'accélérateur avec le levier de la pédale d'accélérateur ainsi qu'une pédale d'accélérateur équipée d'une commande pour mettre en œuvre ce procédé.

Etat de la technique

Les pédales d'accélérateur équipant les véhicules automobiles servent à commander la vitesse du véhicule. En appuyant sur la pédale d'accélérateur le conducteur commande, par exemple, l'alimentation en carburant du moteur thermique ou en énergie électrique du moteur électrique.

Dans les fabrications en série on utilise déjà des pédales d'accélérateur qui transmettent au conducteur des messages haptiques en retour. De tels messages haptiques en retour ou réactions haptiques peuvent prendre différentes formes telles que, par exemple, des petits chocs ou des vibrations. Il existe différentes possibilités pour les générer. Souvent l'actionneur génère une force transmise au levier de la pédale d'accélérateur par un couplage mécanique.

Certaines variantes se limitent à l'intégration d'un élément vibrant dans le levier de pédale, par exemple sous la plaque d'appui de la pédale comme cela est décrit dans les documents DE 10026048 C2 ou WO 2013024133 A1.

D'autres variantes utilisent un moteur touchant le levier de pédale par l'intermédiaire d'un ressort de couplage (par exemple sous la forme d'un ressort de rotation) pour transmettre la force en étant défini par rotation selon le profil de force. Il est également possible de détacher le ressort par rapport au levier de pédale pour un premier état du moteur, c'est-à-dire de ne pas transmettre de moment important du ressort au levier de pédale et en ce que dans un second état, on met le ressort en contact avec le moteur. Plus la connaissance du point de contact du ressort et du levier de pédale est précise et mieux, en général, on pourra générer un signal haptique appliqué au levier de pédale.

But de l'invention

La présente invention a pour but de développer des moyens permettant de générer des signaux haptiques différenciés avec des pédales d'accélérateur et de déterminer, de manière précise et simple, le point de contact du ressort de l'actionneur pour générer de tels signaux.

Exposé et avantages de l'invention

L'invention a pour objet un procédé pour déterminer le point de contact du ressort d'un actionneur de pédale d'accélérateur avec le levier de pédale d'accélérateur, ce procédé consistant à alimenter le moteur à rotor et stator de l'actionneur de pédale d'accélérateur avec un vecteur d'espace prédéfini de façon que le rotor parcoure un trajet de rotor prédéfini, mesurer la position de rotor le long du trajet de rotor, déterminer l'angle de charge le long du trajet de rotor, l'angle de charge se calculant avec la différence de l'angle de phase du vecteur d'espace prédéfini et de l'angle de position de rotor pour la position de rotor, déterminer la droite de course à vide en se fondant sur l'angle de charge dans un premier segment du trajet de rotor, déterminer la droite de charge du ressort en se fondant sur l'angle de charge du second segment de la course de rotor et déterminer le point de contact comme intersection de la droite de course à vide et de la droite de moment de ressort.

En d'autres termes, l'invention a pour objet un procédé pour déterminer le point de contact du ressort de l'actionneur de pédale d'accélérateur avec cette pédale. L'actionneur de pédale comporte un moteur qui met le ressort en contact avec la pédale et exerce ainsi une force sur le levier de pédale. Le moteur est, par exemple, un moteur électrique usuel, à balais. Mais le moteur peut également être un moteur à courant continu sans balai (encore appelé moteur BLDC) ou une machine synchrone à excitation par aimant permanent. La commutation électronique ou électrique du stator fixe, commande le mouvement du rotor du moteur BLDC ou de la machine synchrone. Le stator peut être alimenté dans plusieurs phases, par exemple, avec trois tensions ou intensités déphasées l'une de l'autre de 120° . Dans cette technique on utilise un vecteur de courant ou vecteur de tension encore appelé

vecteur d'espace, dans un système de coordonnées polaires. Ce vecteur d'espace a une longueur proportionnelle à l'amplitude (intensité du courant ou amplitude de la tension) et son angle est défini par rapport à l'un des axes du système de coordonnées polaires. L'alimentation génère un champ magnétique représenté par un vecteur de champ magnétique qui est en relation fixe avec le vecteur d'espace. Le champ magnétique exerce un moment sur le rotor, par exemple à élément magnétique permanent de façon que sans la force appliquée, le rotor s'aligne sur le vecteur magnétique. Après l'alignement parallèle du rotor par rapport au champ magnétique dans le système sans force, les moments est nul (0) car le bras de levier est nul.

Le point de contact peut être donné comme angle de rotation absolu du rotor du moteur de l'actionneur de pédale d'accélérateur. L'angle de rotation absolu est ainsi, par exemple, la position du rotor qui correspond à plus de 360° . C'est ainsi que, par exemple, pour la démultiplication de la transmission entre le rotor et le capteur d'angle de rotation il est possible qu'une rotation complète du rotor sur 360° ne produise qu'une rotation de 36° du capteur d'angle de rotation ; cela correspond ainsi à un rapport de transmission 10/1. Pour produire une rotation de 360° du capteur d'angle de rotation il faudrait ainsi une rotation absolue du rotor de 3600° . Le vecteur d'espace devrait également tourner de 3600° , c'est-à-dire effectuer 10 rotations complètes dans l'hypothèse d'une unique paire polaire. Dans le cas de deux paires polaires ou plus, il faut multiplier le nombre de rotations par le nombre de paires polaires.

Le point de contact peut également être appelé point du trajet parcouru par la pointe du ressort. L'expression « point de contact » peut, par exemple, représenter un point du trajet là où le ressort arrive mécaniquement, par exemple, directement en contact avec la pédale d'accélérateur. Mais, cela peut représenter également plusieurs points pour lesquels le ressort exerce un moment supplémentaire, croissant avec la course, par exemple sur la pédale d'accélérateur. Les points de trajet avant le point de contact sont des points de trajet pour lesquels le ressort est également en contact libre avec la pédale

d'accélérateur sans exercer un couple quelconque sur la pédale d'accélérateur.

Selon un développement, l'invention a pour objet un procédé consistant à alimenter le stator d'un moteur ayant un rotor et un stator, de l'actionneur de la pédale d'accélérateur avec un vecteur d'espace prédéfini de façon que le rotor parcoure une course de rotor prédéfinie. La course de rotor peut également être appelée chemin de rotor. En d'autres termes, le rotor est entraîné dans le champ tournant et de cette manière il est tourné selon une position angulaire prédéfinie (par exemple 1800° du trajet de rotor). En outre, le procédé consiste à mesurer la position du rotor le long de son trajet, à déterminer l'angle de charge le long du trajet de rotor, cet angle de charge étant fondé sur la différence entre l'angle de position de phase du vecteur d'espace prédéfini et l'angle de la position de rotor ; on détermine la droite du trajet à vide en se fondant sur l'angle de charge dans un premier segment du trajet du rotor ; à déterminer la droite de la charge de ressort en se fondant sur l'angle de charge dans un second segment du trajet de rotor ; à déterminer le point de contact comme point d'intersection des droites du trajet à vide et de la droite du moment du ressort.

Initialement, le rotor est en position de sortie (au début du trajet du moteur) à un point de son trajet qui est à un point du trajet encore en amont du point de contact, c'est-à-dire pour des points du trajet pour lesquels le ressort est également en contact libre avec la pédale d'accélérateur sans exercer de couple sur la pédale d'accélérateur. Le stator peut, par exemple, être alimenté avec un indicateur d'espace de fréquence constante et le stator est alimenté en trois phases ou plus. L'alimentation sera maintenue jusqu'à ce que le rotor arrive dans sa position finale (l'extrémité du trajet de rotor) pour laquelle le ressort touche, de manière garantie, le levier de pédale.

Aussi longtemps que le rotor est en mouvement, on peut déterminer la position actuelle du moteur à l'aide d'un capteur du trajet de moteur ou d'un capteur de position de rotor. Le capteur du trajet de moteur peut être un capteur de position de rotor qui détermine l'angle de rotation actuel, relatif, du rotor par rapport au stator. A partir de cet angle de rotation relatif, par le comptage, on peut déterminer un angle

de rotation absolu utilisé comme position de rotor et calculer en fonction de l'angle de position du rotor.

A partir de la position actuelle du rotor on peut déterminer l'angle de charge qui se calcule à partir de la différence de l'angle de position de rotor et de l'angle de phase du vecteur d'espace. L'angle de position de rotor peut s'appuyer ainsi comme indiqué ci-dessus, sur l'angle de rotation relative entre le rotor et le stator. La saisie d'un angle relatif est toutefois, réalisable également selon une unité de boîte de vitesses possible. L'angle de phase est défini par le vecteur d'espace dans le système de coordonnées polaires. Le système de coordonnées polaires est, par exemple, sous-tendu avec deux axes, l'axe α et l'axe β . L'axe α représente la partie réelle et l'axe β la partie imaginaire du vecteur d'espace (la partie imaginaire est, par exemple distinguée par la lettre "j"). Le vecteur d'espace génère, comme décrit ci-dessus, un champ magnétique tournant qui exerce une force magnétique sur le rotor. Plus l'angle de charge entre le vecteur d'espace et la position du rotor est important et plus important sera le moment exercé sur le rotor (l'angle de charge est proportionnel au bras de levier). Ainsi, l'angle de charge peut être utilisé comme une mesure du moment de charge exercé sur le rotor (par exemple le frottement ou dans un premier segment du trajet du rotor on suppose que le ressort n'a pas encore touché le levier de pédale ou n'a pas encore été relié de façon à coopérer de sorte que l'on peut admettre que seul un moment de frottement (par exemple un moment de frottement constant) agit sur le moteur ; cela signifie que dans le premier segment, l'angle de charge ou le moment est constant. A partir des points de mesure de l'angle de charge le long d premier segment, on détermine la droite de marche à vide (par exemple en faisant des moyennes) qui représentent cet angle de charge constant ou ce moment constant. Cela correspond également à un premier état (pas de coopération entre le ressort et le moteur).

Dans le second segment du chemin du rotor, on suppose que le ressort a déjà touché le levier de pédale de sorte que l'on peut supposer que le moment de frottement et le ressort agissent sur le moteur (second état). Dans le second segment on suppose une relation linéaire (avec décalage) pour l'angle de charge et la tension croissante du

ressort augmente le moment exercé par le ressort contre le moteur. Du fait, par exemple, de l'amplitude constante du vecteur d'espace et du champ magnétique constant qui en résulte, agissant sur le rotor, seul l'angle de charge augmente. Avec l'angle de charge croissant (jusqu'à 90°) on obtient un moment croissant qui compense le moment croissant exercé par le ressort. Le moment est maximum pour l'angle de charge de 90°. Si le moment du ressort continuait d'augmenter, le rotor ne pourrait plus suivre le champ magnétique du stator et le rotor patinerait.

A partir des points de mesure obtenus de l'angle de charge le long du second segment, on détermine une droite de charge de ressort (par exemple en faisant des moyennes) et qui reproduit cette relation. Ainsi, le procédé peut être appliqué à tout type de ressort mécanique tel que des ressorts de torsion dans la mesure où ceux-ci ont une caractéristique pratiquement linéaire.

Le point de contact du ressort et du levier de pédale se détermine alors comme point d'intersection des deux droites. A la position du rotor, là où la fonction constante (c'est-à-dire l'angle de charge constant qui est également une différence angulaire constante entre le vecteur d'espace et l'angle de position de rotor dans le système de coordonnées polaires) rejoint la fonction linéaire (l'angle de charge augmente de façon linéaire en fonction de l'angle de rotation du vecteur d'espace du stator) on peut supposer que le ressort a touché le levier de pédale. Il peut être intéressant que l'amplitude ou la longueur du vecteur d'espace reste constant. Le procédé est en principe également possible pour une vitesse non constante ou une amplitude non constante du vecteur d'espace.

Le procédé qui n'utilise pas de régulation, c'est-à-dire le procédé en boucle ouverte est moins sensible aux perturbations des onduations générées par le moteur et ne nécessite pas le développement d'un régulateur particulier pour son mode de fonctionnement. Les onduations du moteur sont par exemple une variation du moment qui résulte de la structure des enroulements de stator non exactement symétriques. En fonctionnement en boucle fermée, on peut avoir des variations plus importantes du moment car le régulateur cherchera à

compenser les perturbations. Le procédé est non seulement d'une précision plus importante que celle des procédés connus mais il est également plus robuste vis-à-vis des perturbations.

5 Selon un exemple de réalisation de l'invention, on détermine le moment du moteur le long de la course du rotor à partir de l'angle de charge. Comme décrit ci-dessus, on peut utiliser l'angle de charge comme mesure du moment (moment de charge) agissant sur le rotor. Cette détermination du moment du rotor peut se faire sans utiliser d'autres capteurs tels que des capteurs d'intensité, ce qui se traduit
10 par une économie.

Selon un développement de l'invention, on détermine le moment du moteur en se fondant sur un modèle mathématique de moteur. Le modèle mathématique a une ou plusieurs fonctions mathématiques avec l'angle de charge pour calculer le moment du moteur. Ce
15 calcul peut se faire en ligne, c'est-à-dire dans la commande qui applique le procédé. Pour le moteur DLBC ou une machine synchrone à excitation permanente, le modèle du moteur est fondé sur un modèle inverse. En d'autres termes : à partir des équations connues pour les tensions U_d et U_q dans le système de coordonnées dq solidaire du rotor, on peut
20 calculer en inverse, à partir des intensités I_d et I_q pour le cas stationnaire et avec les intensités, pour obtenir le moment du moteur.

Selon un mode de réalisation de l'invention, on détermine la droite de marche à vide et/ou la droite de charge de ressort à partir du moment du moteur. Les moments de moteur, calculés en fonction de
25 la course ou trajet du rotor et notamment dans le premier segment et dans le second segment du trajet du rotor peuvent servir à déterminer les paramètres pour les deux droites.

Selon un développement de l'invention, la droite de marche à vide est appuyée sur le premier segment du moment moyen
30 de marche à vide. Par exemple, on peut paramétrer la droite de marche à vide sans pente avec un moment constant de marche à vide. Ce moment de marche à vide peut s'obtenir comme valeur moyenne dans le premier segment.

Selon un développement de l'invention, la droite de
35 charge de ressort repose sur la constante de ressort obtenue en

moyenne sur le second segment. Par exemple, la droite de charge de ressort peut être paramétrée avec une constante de ressort comme pente constante et avec un moment de décalage de ressort. Les deux paramètres peuvent se déterminer par exemple avec une droite de régression sur le second segment.

Selon un développement de l'invention on évalue les paramètres de la droite de marche à vide dans le premier segment et/ou dans les paramètres de la droite de charge de ressort dans le second segment avec une valeur moyenne récurrente. En d'autres termes : pour un nombre inconnu de valeurs de mesure, on détermine la valeur moyenne par une formule de récurrence connue. Par exemple, pour chaque nouvelle détermination de l'angle de la position de rotor à partir d'une valeur de mesure ou à partir du moment de moteur calculé ainsi, on corrige la valeur moyenne existante, par exemple, par l'addition d'une valeur de correction à la valeur moyenne existante.

Selon une forme de réalisation, le vecteur d'espace a une vitesse angulaire constante. Par exemple, la longueur du vecteur d'espace peut être constante. Cela simplifie considérablement le calcul inverse appliqué au moment du moteur.

Selon une forme de réalisation de l'invention, la course du moteur est subdivisée en un premier segment, un segment médian et un second segment, le segment médian étant choisi en fonction du point de contact supposé. La position des extrémités des différents segments peut se prédéterminer de manière fixe en se fondant sur des valeurs fournies par l'expérience.

Selon un autre développement, l'invention a pour objet une pédale d'accélérateur de véhicule.

Selon une forme de réalisation de l'invention, la pédale d'accélérateur comporte un levier de pédale, un actionneur de pédale avec un moteur ayant un rotor et un stator et un ressort entre le moteur et le levier de pédale de façon que le moteur puisse générer, par l'intermédiaire du ressort, les signaux haptiques appliqués au levier de pédale d'accélérateur ; la commande s'applique au moteur pour recevoir les signaux de mesure d'un capteur de course du moteur pour appliquer le procédé tel que défini ci-dessus. Par exemple, le moteur est un

moteur BLDC ou une machine synchrone à excitation permanente. Le moteur peut comporter soit un capteur pour saisir directement la position mécanique du rotor sur l'arbre du rotor, mais aussi n'importe quel axe de la transmission potentielle en aval, et qui est reliée rigidement à la sortie de la boîte de vitesses ou la transmission. Cette détermination du moment du moteur permet de déterminer avec la pédale d'accélérateur, le point de contact du ressort et du levier de pédale.

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après, de manière plus détaillée, à l'aide d'un procédé de détermination du point de contact du ressort d'un actionneur de pédale d'accélérateur avec une pédale d'accélérateur mettant en œuvre ce procédé, représenté dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un mode de réalisation d'une pédale d'accélérateur selon l'invention,
- la figure 2 montre un diagramme donnant le moment du moteur en fonction du trajet du rotor pour la pédale d'accélérateur de la figure 1,
- la figure 3 montre un diagramme avec des variables et leur relation pour l'application d'un mode de réalisation du procédé de l'invention,
- la figure 4 est un diagramme donnant l'angle de charge généré par la pédale d'accélérateur selon la figure 1,
- la figure 5 est un diagramme donnant le moment du moteur, calculé à partir de l'angle de charge de la figure 4,
- la figure 6 montre un diagramme illustrant le calcul du moment de frottement selon une forme de réalisation de l'invention,
- la figure 7 montre un diagramme illustrant le calcul d'une constante de ressort selon une forme de réalisation de l'invention.

Description de modes de réalisation

La figure 1 montre une pédale d'accélérateur active 10 équipée d'un actionneur 12 qui génère des signaux haptiques pour le levier 13 de la pédale d'accélérateur 10. L'actionneur 12 comporte ou est par exemple un moteur usuel ou un moteur à courant continu sans balai (moteur BLDC) 14 ou une machine synchrone à excitation perma-

nente 14 agissant sur un ressort mécanique 16 relié mécaniquement à la pédale d'accélérateur ou qui peut coopérer avec celle-ci. Le moteur BLDC 14 peut, par exemple, exercer de brefs coups ou des vibrations par l'intermédiaire du ressort 16 sur le levier de pédale 13. Le ressort 16 est, par exemple, un ressort hélicoïdal à effet linéaire. Il peut toutefois s'agir également d'un ressort spiral à la manière d'un ressort de pendule enroulé en spirale autour de l'axe du levier de pédale d'accélérateur.

Les mouvements du moteur BLDC 14 sont produits par une commande 18 qui alimente le moteur BLDC 14 avec un vecteur d'espace $U_{\alpha\beta}$ de longueur constante U_0 et de vitesse de rotation constante $(d\varphi_U/dt)$ modulées de manière appropriée ; en principe le procédé peut également s'appliquer avec un vecteur d'espace dont la longueur et/ou la vitesse de rotation ne sont pas constantes. La commande 18 reçoit les signaux d'un capteur de moteur 20 ou d'un capteur de position de rotor 20 intégrés dans le moteur BLDC 14 et à partir de ces signaux, la commande 18 détermine la position du rotor du moteur BLDC 14 tel que, par exemple, l'angle de rotation entre le rotor et le stator.

La figure 2 montre la course de rotor 22. Il apparaît que le ressort 16 n'est pas en contact ou en coopération avec la pédale 13 sur tout le trajet de rotor 22. Par exemple, dans la plage 24 de l'ensemble du trajet 22 du moteur, le ressort 16 ne coopère pas avec le levier de pédale 13.

En position initiale 1, là où commence le trajet de rotor 22, le ressort 16 n'est pas en contact ou en coopération avec le levier de pédale 13. Cela signifie que le ressort 16 ne transmet pas de moment supplémentaire dépendant du trajet, au levier de pédale d'accélérateur 13. Au point de contact 2, le ressort 16 touche le levier de pédale 13 ou le ressort 16 coopère avec le levier de pédale et peut, à partir de là, transmettre un moment supplémentaire au levier de pédale 13. Ensuite, et jusqu'à la position de fin de course 3, là où se termine le trajet de rotor 22, le ressort 16 est comprimé ou mis en tension par le moteur 14 dans la plage 26 et ainsi il exerce un moment dans la direction opposée à la direction de la course du moteur ; ce moment est exercé sur le moteur 14 ou son rotor. La position du moteur sur la course de rotor 22

est fournie, par exemple, comme angle de rotation absolue φ_{rot} du rotor du moteur 14 par rapport au stator.

Le diagramme montre que le moment M_{Tmot} qui agit sur le moteur 14 pendant le trajet de rotor 22, parcouru par le moteur à vitesse constante. Entre la position initiale 1 et le point de contact 2, un moment constant s'oppose au sens de rotation du rotor ; il correspond, par exemple, aux forces de frottement interne du dispositif. Entre le point de contact 2 et la position de fin de course 3, le moment augmente de façon linéaire en fonction de la constante du ressort 16. Avec la compression croissante du ressort 16 (ou de sa torsion), le moment exercé par le ressort pour s'opposer à la rotation du rotor augmente. Dans le cas d'un ressort à effet linéaire, en première approximation, on obtient le moment, en multipliant la force de ressort avec le bras de levier supposé constant ; cela correspond à la relation $F = C \cdot X$, F étant la force du ressort, C la constante de ressort et X la course de compression du ressort 16.

Le procédé commence, par exemple, par la butée de fin du trajet mécanique basse et atteint non nécessairement la butée de fin du trajet mécanique haute ; toutefois, le rotor circule suffisamment pour actionner le ressort dans la plage de fonctionnement caractéristique. Le procédé peut s'exécuter, par exemple, au début du trajet ou à la fin du trajet du véhicule. En principe, le procédé peut également s'appliquer pendant le fonctionnement du véhicule.

A l'aide des figures 3, 6 on décrira ci-après un procédé pour déterminer le point de contact 2 ou sa position sur le trajet de rotor 22. Ce procédé peut être appliqué par la commande 18 et il suffit d'exploiter les signaux du capteur de course de moteur 20.

Globalement, le moteur BLDC 14 est commandé sur tout le trajet de rotor 22 en boucle ouverte, c'est-à-dire sans régulation. Pour cela, on alimente le stator du moteur BLDC 14 avec un vecteur d'espace dont la longueur ou l'amplitude reste par exemple constante et la vitesse angulaire du vecteur d'espace est, par exemple, choisie constante. Le vecteur d'espace peut être obtenu, par exemple, à partir de trois tensions de commande décalées d'une façon constante respective. Ainsi, le vecteur d'espace se déplace avec une vitesse angulaire quasi constante

entre la position initiale (1) et la position finale (3). De façon préférentielle, on choisit l'amplitude ou la longueur du vecteur d'espace suffisamment grande pour qu'à la fin du trajet 22, le rotor dispose d'un moment suffisamment important pour compenser le moment antagoniste résultant du frottement et du ressort 16 à la fin du trajet de rotor 22.

La figure 3 montre les trois phases de la tension de commande A, B, C et du vecteur d'espace $U_{\alpha\beta}$ dans un système de coordonnées polaires. En prédéfinissant un vecteur d'espace de longueur et de vitesse de rotation constantes, on génère dans le moteur 14 un champ tournant de vitesse constante, par exemple, à l'aide des enroulements statoriques ; ce champ produit une vitesse du moteur 14 ou du rotor du moteur 14 qui est, à son tour, mesurée par le capteur de position de rotor 20.

Ce champ tournant entraîne le moteur 14, c'est-à-dire le rotor du moteur 14 dans les plages 24, 26 et en fonction du frottement dans la plage 24, on a un angle de charge φ_{charg} pratiquement constant entre l'angle de phase φ_U du champ rotatif prédéfini et l'angle électrique de position de rotor φ_{rot} , mesuré effectivement. Par exemple, dans l'hypothèse qu'il n'y a pas de frottement et pas de moment antagoniste, l'angle de charge φ_{charg} est pratiquement nul. Dans la plage 26 on a une relation linéaire du fait de la constante du ressort 16. L'angle de charge φ_{charg} augmente avec l'augmentation du moment antagoniste (moment de charge) du ressort 16, car l'amplitude du vecteur d'espace est maintenue constante. Ce n'est que par l'augmentation du bras de levier du rotor par rapport à la force ou au point d'attaque de la force du champ magnétique (d'amplitude constante) du stator que l'on peut compenser le moment antagoniste appliqué en plus par le ressort 16. La longueur du bras de levier est ainsi fonction de l'angle de charge φ_{charg} .

La commande 18 génère la tension de commande du moteur 14 ou du stator du moteur 14 de façon que le vecteur d'espace tourne à vitesse constante avec une phase φ_U dans le système $\alpha\beta$ solidaire du stator. Le système de coordonnées polaires est, par exemple repéré avec deux axes, un axe α et un axe β . L'axe α représente la partie réelle et l'axe β la partie imaginaire du vecteur d'espace (la partie imagi-

naire peut également être complétée par le symbole "j"). Lorsqu'un moment de charge constant est appliqué au moteur 14, le vecteur d'espace $U_{\alpha\beta}$ peut toujours être décrit dans le système dq solide du rotor comme angle de phase constant. L'angle de la position de rotor ou plus simplement position de rotor φ_{rot} est déterminé par la commande 18 à partir du signal du capteur de position de rotor 20.

Pendant que le rotor du moteur 14 parcourt le trajet 22, la commande 18 exécute toujours les étapes suivantes (exécutions périodiques) pour déterminer le point de contact 2.

Dans une première étape, on détermine la position actuelle du rotor φ_{rot} du moteur 14 avec le capteur de position de rotor 20. Pour interpréter les signaux fournis par le capteur de trajet de moteur ou capteur de position de rotor 20, il peut être nécessaire d'effectuer une adaptation de base connue, par exemple, du procédé d'identification de la position de rotor 20 pour une pédale d'accélérateur active ou un volet d'étranglement.

Cette réalisation ne nécessite pas de capteur de position de rotor 20 équipant directement le moteur 14.

A partir de la position de rotor φ_{rot} on détermine l'angle de charge φ_{charg} selon la relation ci-après

$$\varphi_{\text{charg}} = \varphi_U - \varphi_{\text{rot}}$$

L'angle de charge φ_{charg} est la différence angulaire entre l'angle de phase φ_U du vecteur d'espace et l'angle de la position de rotor φ_{rot} .

La figure 4 est un diagramme avec un angle de charge φ_{charg} normalisé, tracé en fonction du temps t et que l'on a obtenu à partir du signal réel du capteur de course de moteur 20 ou capteur de position de rotor 20. Comme le vecteur d'espace du stator du moteur 14 tourne à vitesse constante, la position de rotor φ_{rot} est proportionnelle au temps t .

Dans une seconde étape, on calcule la tension de moteur U_{dq} dans le système dq solide du rotor selon les formules suivantes :

$$U_d = U_0 \cdot \cos(\varphi_{\text{charg}})$$

$$U_q = U_0 \cdot \sin(\varphi_{\text{charg}})$$

5 Dans ces formules U_0 correspond à la longueur du vecteur d'espace $U_{\alpha\beta}$.

On peut alors calculer le moment du moteur T_{mot} à l'aide du modèle stationnaire inverse du moteur ; (le moment du moteur T_{mot} peut également être considéré comme le moment du rotor)

$$10 \quad I_q = \frac{(U_q - \frac{L_d \cdot \omega_{el}}{R_{\text{mot}}} \cdot U_d - k_{\text{mot}} \cdot \omega_{el})}{R + \frac{L_d \cdot L_q \cdot \omega_{el}^2}{R}}$$

$$I_d = \frac{U_d + L_q \cdot I_q \cdot \omega_{el}}{R}$$

$$15 \quad T_{\text{mot}} = 3/2 \cdot N \cdot I_q \cdot [k_{\text{mot}} + (L_d - L_q) \cdot I_d]$$

20 Dans ces formules L_d et L_q sont des inductances transformées dans le système dq, R_{mot} est la résistance du bobinage et ω_{el} est la fréquence circulaire fondée sur le vecteur de tension ou le vecteur d'espace $U_{\alpha\beta}$. N est le nombre de paires polaires du moteur BLDC ou d'une machine synchrone à excitation permanente ; I_d et I_q sont les intensités calculées à partir du modèle inverse de moteur et k_{mot} est la constante du moteur.

25 Les erreurs qui résultent de ce que l'on néglige la dynamique de l'intensité selon les formules :

$$L_d \cdot \frac{di_d}{dt} = 0$$

$$L_q \cdot \frac{di_q}{dt} = 0$$

se répercutent de façon négligeable sur le calcul du moment de moteur T_{mot} .

La figure 5 est un diagramme donnant le moment de moteur T_{mot} en fonction de la position de rotor φ_{rot} et de l'angle de charge φ_{charg} calculé selon la figure 4. La position de rotor φ_{rot} est donnée dans un système de coordonnées de la pédale et on intègre, par exemple, la démultiplication de la boîte de vitesses ou transmission.

Comme cela découle de la figure 5, le moment de moteur T_{mot} est pratiquement constant dans le premier segment 28 alors que dans le second segment 30 il augmente de façon linéaire. Pour définir les segments 28 et 30 on a supprimé le segment médian 32 de la course de rotor 22 là où doit se trouver le point de contact 34. Les positions d'extrémité des segments 28, 30 peuvent être prédéfinies, par exemple, de manière fixe dans la commande 18. La position d'extrémité du premier segment 28 peut se situer à proximité du point de contact 34. La position d'extrémité du second segment 30 peut se trouver juste avant ou sur la butée de fin de course mécanique (à l'extrémité droite de la figure 3).

En fonction de ces segments 28, 30, la commande détermine dans une troisième étape, les paramètres de la droite de marche à vide 36 ou de la droite de charge de ressort 38 à partir du moment de moteur T_{mot} .

Lorsque le moteur 14 ou son rotor ou la position du rotor φ_{rot} se trouvent dans le premier segment 28, on évalue de façon récurrente le moment de marche à vide T_L comme paramètre de la droite de marche à vide 36 prise comme fonction constante. Cela est représenté à la figure 6. Pour chaque nouveau point de mesure de la position de rotor φ_{rot} on calcule le moment correspondant du moteur et on l'utilise pour la forme et la valeur moyenne de la droite de marche à vide. La valeur moyenne calculée pour le moment de marche à vide T_L à la fin du premier segment 28 est prise comme paramètre pour la droite de marche à vide 36.

Lorsque le moteur 14 ou son rotor ou la position du rotor φ_{rot} se trouve dans le second segment 30, on paramètre la droite de charge de ressort 38 par $k_1 \cdot \varphi + k_2$ dont la pente k_1 qui est la constante de

ressort et le décalage k_2 sont évalués par récurrence. Le second segment 30 est défini, par exemple, à partir d'un seuil et pour le moment du moteur ; ce seuil est supérieur au moment maximum calculé du moteur dans le premier segment 28. Cela peut se faire de façon analogue à l'évaluation du moment de marche à vide T_L . La figure 7 montre le développement de la valeur évaluée de la constante de ressort k_1 sur le second segment 30. Les valeurs évaluées pour la constante de ressort k_1 et le décalage k_2 à l'extrémité du second segment 30 sont alors prises comme paramètres pour la droite de charge de ressort 38.

Lorsque le moteur 14 a parcouru le trajet de rotor 22 complet, on peut alors déterminer le point de contact 34 en utilisant les valeurs évaluées pour les paramètres T_L , k_1 , k_2 . La position du point de contact 34 sur la course de rotor 22 découle ainsi de la position du point d'intersection des droites de marche à vide 36 et des droites de charge de ressort 38.

NOMENCLATURE DES ELEMENTS PRINCIPAUX

	10	Pédale d'accélérateur
	12	Actionneur
5	13	Levier de pédale
	14	Moteur à courant continu / machine synchrone à excitation permanente
	16	Ressort
	18	Commande du moteur
10	20	Capteur de trajet de rotor
	22	Trajet de rotor
	24, 26	Plages de la courbe
	26	Plage de contraction de mise en tension du ressort
	28	Premier segment
15	30	Second segment
	32	Segment médian
	36	Droite de course à vie
	38	Droite de charge de ressort
	k_1	Constante de ressort
20	φ_{rot}	Angle de rotation du rotor
	$M_{\text{Motor}}, T_{\text{mot}} \quad T_{\text{Motor}}$	Moment du moteur

REVEN DICATIONS

- 1°) Procédé pour déterminer le point de contact (34) du ressort (16) d'un actionneur de pédale d'accélérateur (12) avec le levier de pédale d'accélérateur (13), procédé consistant à :
- 5 - alimenter le moteur (14) à rotor et stator de l'actionneur de pédale d'accélérateur (12) avec un vecteur d'espace prédéfini de façon que le rotor parcoure un trajet de rotor (22) prédéfini,
 - mesurer la position de rotor (φ_{rot}) le long du trajet de rotor (22),
 - déterminer l'angle de charge (φ_{charg}) le long du trajet de rotor (22),
 - 10 l'angle de charge (φ_{charg}) se calculant avec la différence entre l'angle de phase (φ_U) du vecteur d'espace prédéfini et l'angle de position de rotor (φ_{rot}) correspondant à la position du rotor,
 - déterminer la droite de course à vide (36) avec l'angle de charge (φ_{charg}) dans un premier segment (28) du trajet de rotor (22),
 - 15 - déterminer la droite de charge du ressort (38) en se fondant sur l'angle du second segment (30) du trajet de rotor (22), et
 - déterminer le point de contact (34) comme intersection de la droite de course à vide (36) et de la droite de moment de ressort (38).
- 20 2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu' on détermine le moment du moteur (T_{Mot}) le long du trajet de rotor (22) à partir de l'angle de charge (φ_{charg}).
- 25 3°) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu' on détermine le moment du moteur (T_{Mot}) en se fondant sur un modèle mathématique de moteur.
- 30 4°) Procédé selon l'une des revendications précédentes 1 à 3, caractérisé en ce qu' on détermine la droite de la course à vide (36) et/ou la droite de la charge de ressort (38) à partir du moment (T_{Mot}) du moteur.

- 5°) Procédé selon l'une des revendications précédentes 1 à 4, caractérisé en ce que la droite de course à vide (36) est fondée sur le moment de course à vide (T_L) obtenu sur le premier segment (28), et/ou
- 5 la droite de course à vide (36) est paramétrée sans pente avec un moment de course à vide (T_L) constant.
- 6°) Procédé selon l'une des revendications précédentes 1 à 5, caractérisé en ce que
- 10 la droite de charge de ressort (38) est fondée sur une constante de ressort (k_1) moyenne sur le second segment (30) et/ou la droite de charge de ressort (38) est paramétrée avec une constante de ressort (k_1) comme pente et d'un moment de décalage de ressort.
- 15 7°) Procédé selon l'une des revendications précédentes 1 à 6, caractérisé en ce que le vecteur d'espace a une vitesse angulaire constante ($d\phi_u/dt$) et notamment la longueur du vecteur d'espace (U_0) est constante.
- 20 8°) Procédé selon l'une des revendications précédentes 1 à 7, caractérisé en ce que le paramètre de la droite de course à vide (36) est évalué dans le premier segment (28) et/ou le paramètre de la droite de charge de ressort (38) est évalué dans le second segment (30) à l'aide d'une valeur
- 25 moyenne récurrente.
- 9°) Procédé selon l'une des revendications précédentes 1 à 8, caractérisé en ce qu'on subdivise la course de rotor (22) en un premier segment (28), un
- 30 segment médian (32) et un second segment (30), le segment médian (32) étant choisi en fonction du point de contact pris en compte.
- 10°) Pédale d'accélérateur (10) pour un véhicule comportant :
- un levier de pédale d'accélérateur (13),

- un actionneur de pédale d'accélérateur (12) avec un moteur (14) ayant un rotor et un stator ainsi qu'un ressort (16) entre le moteur (14) et le levier de pédale (13) de façon que le moteur (14) puisse générer, par l'intermédiaire du ressort (16), des signaux haptiques appliqués au levier de pédale d'accélérateur (13), et
- une commande (18) pour commander le moteur (14), recevoir des signaux de mesure d'un capteur du trajet de rotor (20) du moteur (14) et exécuter le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

1 / 4

FIG. 1

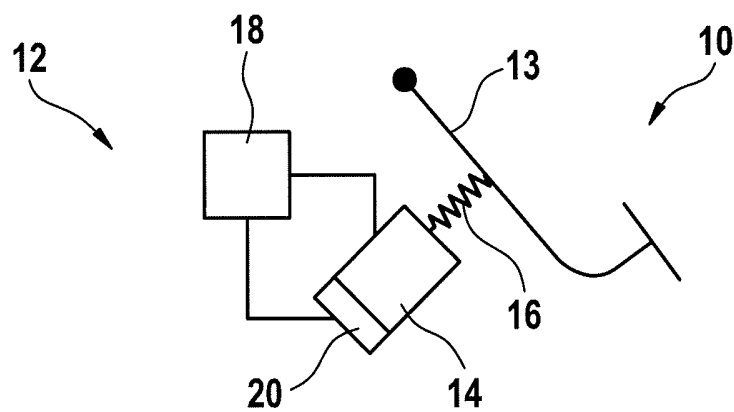
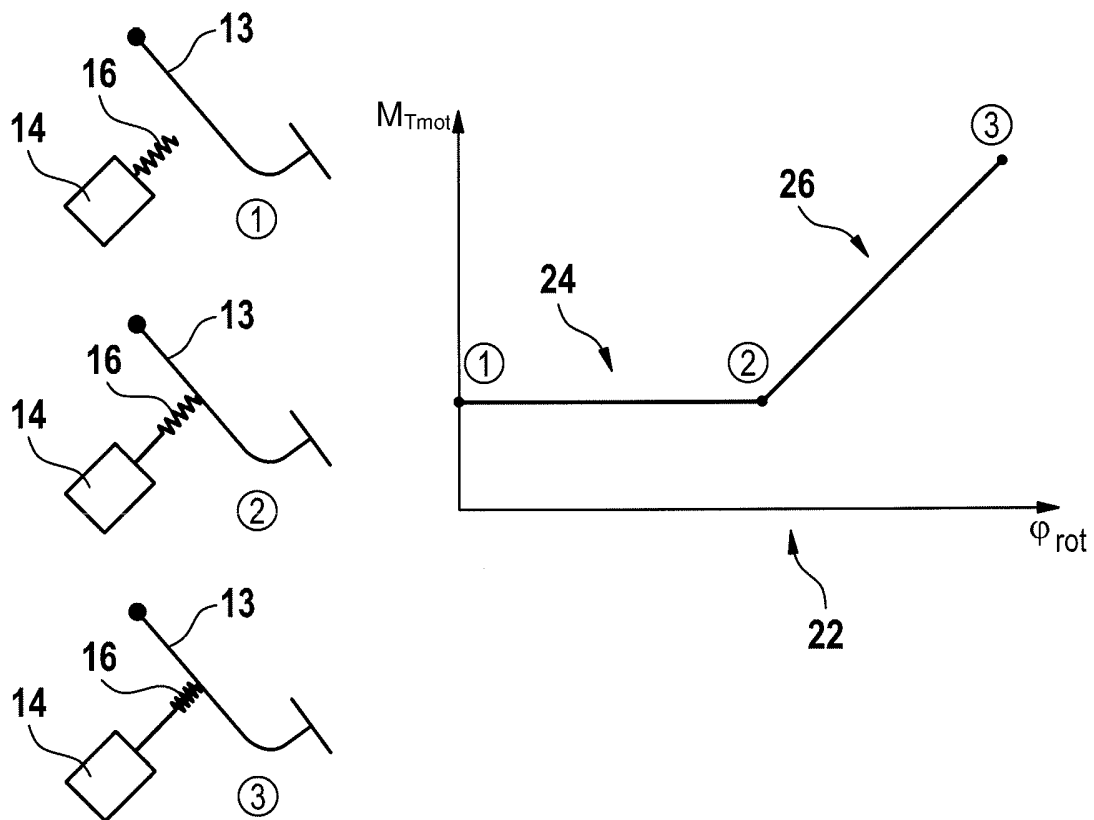


FIG. 2



2 / 4

FIG. 3

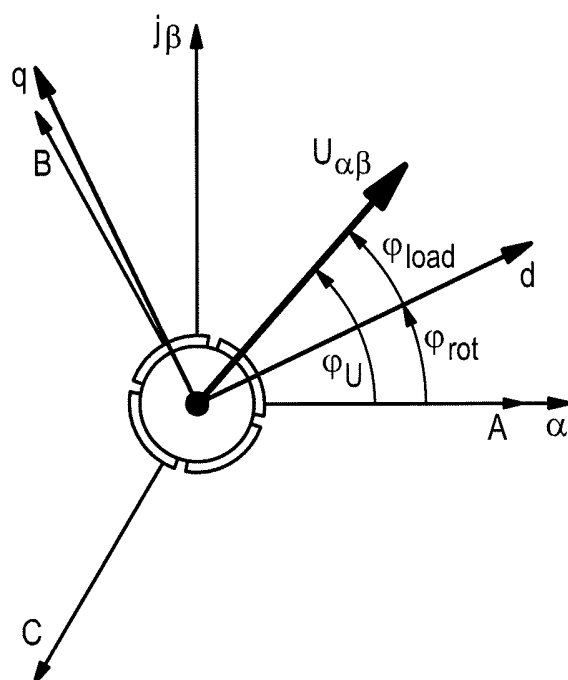
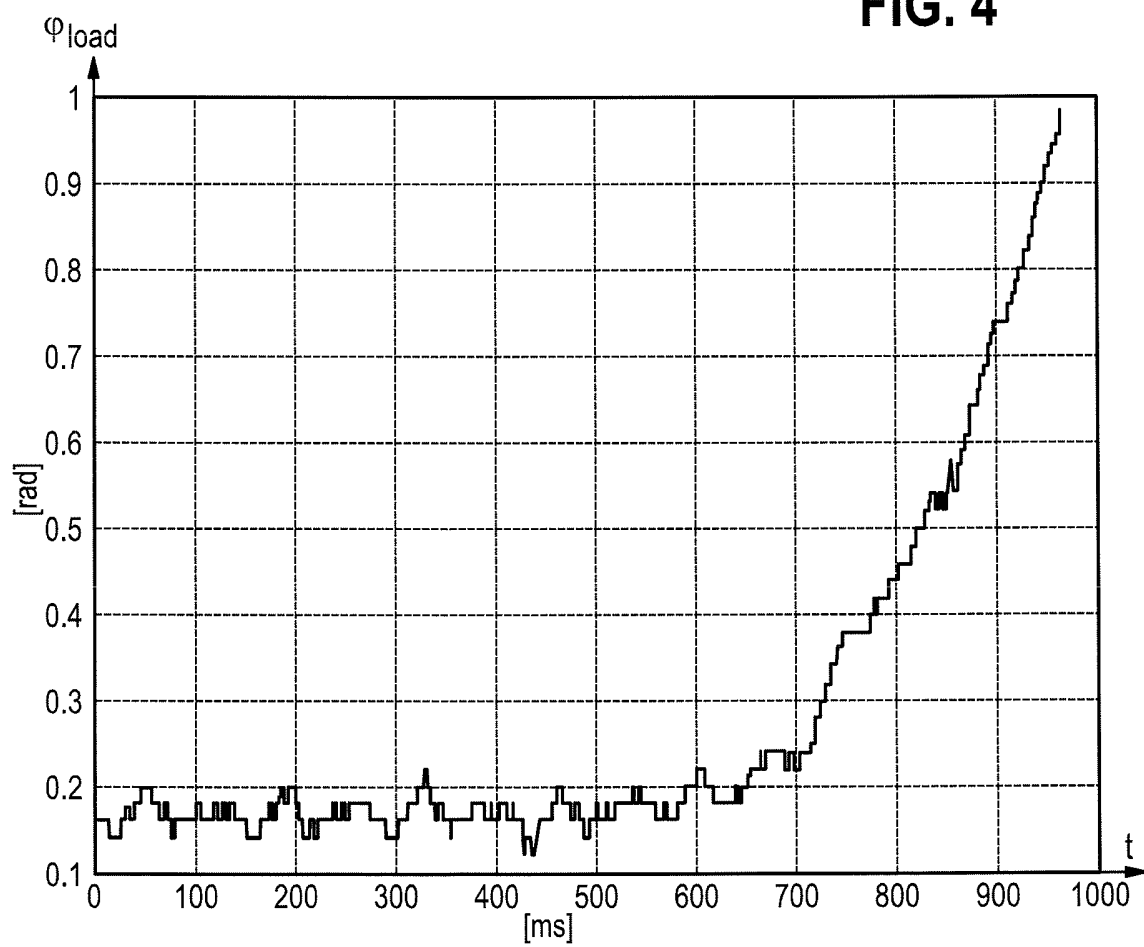
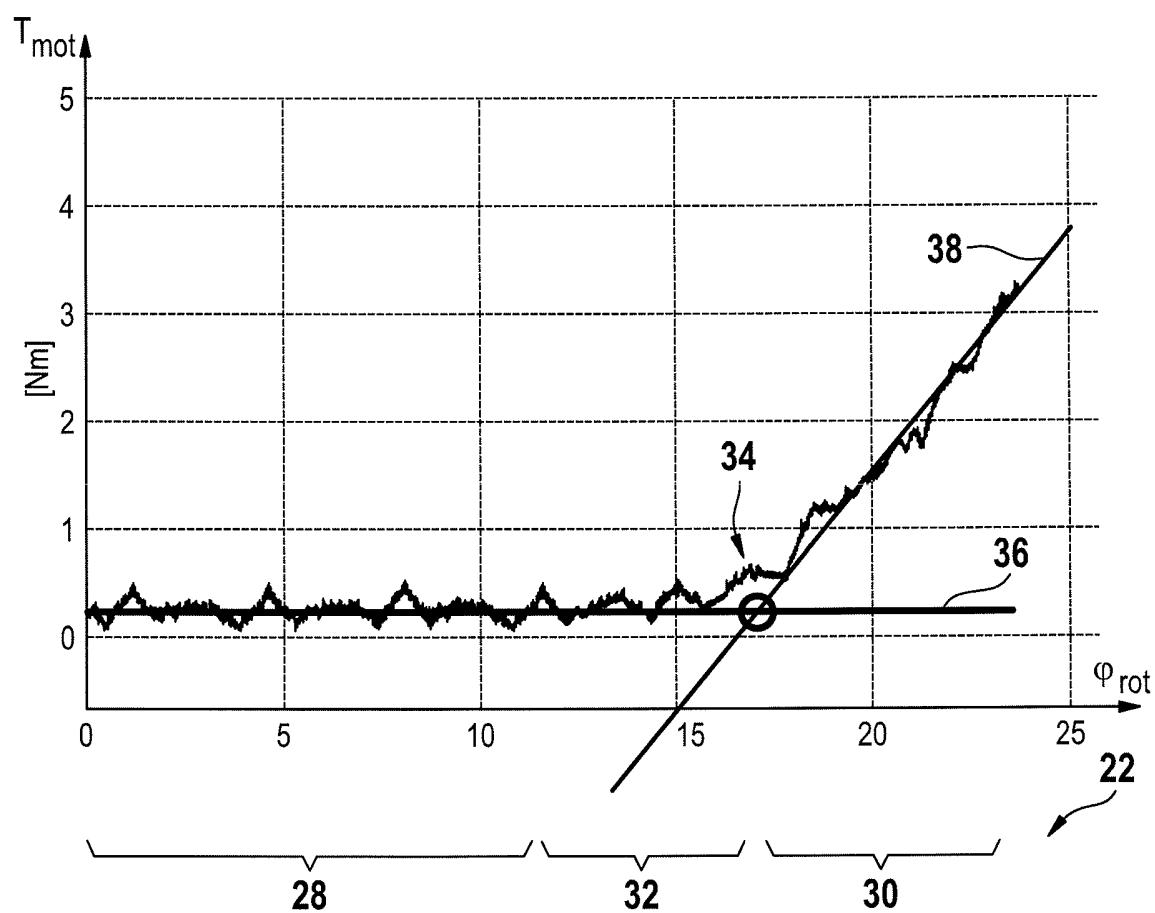


FIG. 4



3 / 4

FIG. 5



4 / 4

FIG. 6

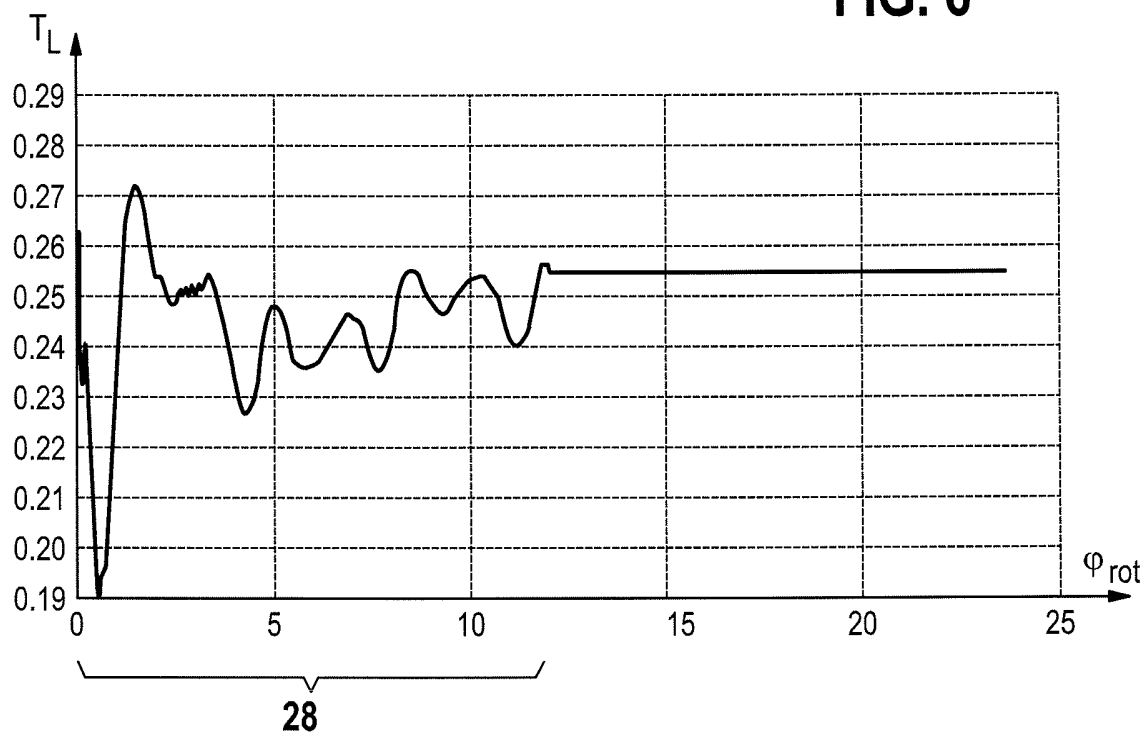


FIG. 7

