

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Système de détermination d'au moins un paramètre de rotation d'un organe tournant.

②② Date de dépôt : 19.12.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : NTN-SNR ROULEMENTS SA —
FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 14.03.25 Bulletin 25/11.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : FLAMMIER Cécile et DURET
Christophe.

⑦③ Titulaire(s) : NTN-SNR ROULEMENTS SA.

⑦④ Mandataire(s) : STRATO-IP.



Description

Titre de l'invention : Système de détermination d'au moins un paramètre de rotation d'un organe tournant

- [0001] L'invention concerne un système de détermination d'au moins un paramètre de rotation d'un organe tournant, ledit système comprenant un codeur émettant un champ magnétique périodique ainsi qu'un capteur de rotation apte à détecter ledit champ magnétique.
- [0002] Dans de nombreuses applications, on souhaite connaître en temps réel et avec une qualité optimale au moins un paramètre de rotation d'un organe tournant, tel que sa position, sa vitesse, son accélération ou son sens de déplacement.
- [0003] Pour ce faire, le document WO-2006/064169 propose l'utilisation d'un codeur destiné à être solidaire de l'organe mobile et sur lequel est formée une piste magnétique qui est apte à émettre un champ magnétique pseudo sinusoïdal à distance de lecture d'un capteur comprenant plusieurs éléments sensibles.
- [0004] De façon avantageuse, chaque élément sensible peut comprendre au moins un motif à base d'un matériau magnétorésistif à effet tunnel (TMR en anglais pour Tunnel Magneto Resistance) dont la résistance varie en fonction du champ magnétique détecté, tel que par exemple décrit dans le document WO-2004/083881.
- [0005] Pour déterminer un paramètre de déplacement de l'organe mobile en fonction de l'évolution du champ magnétique détecté, le document WO-2006/064169 prévoit une combinaison des signaux représentatifs de la résistance de chacun des éléments sensibles, afin de délivrer deux signaux en quadrature et de même amplitude qui peuvent être utilisés pour calculer ledit paramètre. En outre, cette solution prévoit une soustraction deux à deux de quatre signaux, afin d'obtenir deux signaux en quadrature qui sont exempts de bruit commun.
- [0006] Le document FR-3 078 775 décrit un codeur comprenant N_{pp} paires de pôles magnétiques Nord et Sud qui sont séparés par des transitions qui s'étendent suivant une spirale d'Archimède, chacune desdites spirales étant répartie sur ledit codeur par rotations successives d'un angle $\frac{\pi}{N_{pp}}$.
- [0007] L'avantage de ce type de codeur est que la largeur polaire L_p de chacun des pôles suivant le rayon dudit codeur devient indépendante du nombre N_{pp} de paires de pôles, ce qui permet ainsi de concilier un faible nombre de pôles avec un positionnement adéquat des éléments sensibles relativement à la sinusoïdalité et à l'amplitude du signal magnétique à détecter.
- [0008] Par ailleurs, le document FR-3 078 775 propose une disposition des éléments

sensibles en regard axial de la piste magnétique qui permet de filtrer au moins l'harmonique de rang 3 du champ magnétique généré par un codeur spiral sur une paire de pôles magnétiques.

[0009] Toutefois, lorsque l'organe tournant sur lequel est monté le codeur est soumis à un jeu axial, notamment s'il fait partie d'un montage sans roulement, par exemple utilisant des paliers lisses, l'excentration de l'axe de rotation de la piste magnétique par rapport à l'axe géométrique du capteur causée par ce jeu provoque l'apparition d'une erreur de détermination importante.

[0010] L'invention vise à résoudre les problèmes de l'art antérieur en proposant notamment un système de détermination d'au moins un paramètre de rotation d'un organe tournant, dans lequel la précision de la détermination est améliorée, notamment en cas d'excentration de l'axe de rotation de la piste magnétique du codeur par rapport à l'axe géométrique du capteur.

[0011] A cet effet, l'invention propose un système de détermination d'au moins un paramètre de rotation d'un organe tournant, ledit système comprenant :

- un codeur destiné à être associé en rotation à l'organe tournant de sorte à se déplacer conjointement avec lui, ledit codeur comprenant un corps sur lequel est formée une piste magnétique qui est apte à émettre un champ magnétique périodique représentatif de la rotation dudit codeur, ladite piste présentant N_{pp} paires de pôles magnétiques Nord et Sud qui sont séparés par $2N_{pp}$ transitions, chacune desdites transitions s'étendant suivant une spirale d'Archimède définie en coordonnées polaires par rapport à l'axe de rotation par l'équation $\rho = \frac{N_{pp} L_p}{\pi} \cdot (\theta + \theta_i)$, L_p étant la largeur polaire de chacun des pôles suivant le rayon dudit codeur, l'angle θ_i de rotation de la $i^{\text{ème}}$ spirale par rapport à la première spirale étant égal à $\frac{\pi}{N_{pp}} \cdot i$ avec i compris entre 0 et $2N_{pp}-1$;
- un capteur de rotation comprenant deux groupes de deux éléments sensibles répartis angulairement à distance de lecture de la piste magnétique, chacun desdits éléments sensibles étant apte à détecter le champ magnétique périodique émis par ledit codeur pour délivrer un signal représentatif de la rotation du codeur ;
- un dispositif de soustraction des signaux délivrés par les éléments sensibles de chacun desdits groupes pour former des signaux respectivement SIN et COS, lesdits groupes étant décalés angulairement d'un angle α qui est agencé pour que les signaux SIN et COS soient en quadrature, les éléments sensibles de chacun des groupes étant diamétralement opposés en formant entre eux un angle de π .

[0012] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui

suit, faite en référence aux figures jointes, dans lesquelles :

- [0013] [Fig.1] représente de façon schématique un système de détermination selon un premier mode de réalisation de l'invention, montrant notamment la disposition des éléments sensibles par rapport au codeur et une excentration de la piste magnétique dudit codeur par rapport auxdits éléments sensibles ;
- [0014] [Fig.2] est une représentation schématique du dispositif de soustraction d'un capteur pour un système de détermination selon l'invention ;
- [0015] [Fig.3] représente de façon schématique un système de détermination selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, montrant notamment la disposition des éléments sensibles par rapport au codeur ;
- [0016] [Fig.4a]
- [0017] [Fig.4b] et
- [0018] [Fig.4c] représentent de façon schématique un système de détermination selon un troisième mode de réalisation de l'invention, montrant le déplacement d'un élément sensible selon l'art antérieur ([Fig.4a]) et la disposition des éléments sensibles par rapport au codeur selon respectivement une réalisation ([Fig.4b]) et une variante de cette réalisation ([Fig.4c]).
- [0019] En relation avec ces figures, on décrit un système de détermination d'au moins un paramètre de rotation d'un organe tournant par rapport à une structure fixe. En particulier, le paramètre de l'organe tournant peut être choisi parmi sa position, sa vitesse, son accélération ou son sens de déplacement.
- [0020] Dans une application particulière, le système peut être utilisé en relation avec le pilotage d'un moteur électrique à courant continu sans balai, permettant notamment de connaître la position angulaire absolue sur une paire de pôles moteur du rotor par rapport au stator.
- [0021] Le système de détermination comprend un codeur 1 destiné à être solidaire de l'organe tournant de sorte à se déplacer conjointement avec lui, ledit codeur comprenant un corps, notamment annulaire mais qui peut également être discoïdal, sur lequel est formée une piste magnétique 2 qui est apte à émettre un champ magnétique périodique représentatif de la rotation dudit codeur. En particulier, le champ magnétique émis peut être sinusoïdal ou pseudo-sinusoïdal, c'est-à-dire présentant au moins une portion qui peut être approximée correctement par une sinusoïde.
- [0022] La piste 2 présente N_{pp} paires de pôles magnétiques Nord et Sud qui sont séparés par $2N_{pp}$ transitions 3, chacune desdites transitions s'étendant suivant une spirale d'Archimède définie en coordonnées polaires (ρ, θ) par rapport à l'axe de rotation par l'équation $\rho = \frac{N_{pp}L_p}{\pi} \cdot (\theta + \theta_i)$, L_p étant la largeur polaire de chacun des pôles suivant le rayon du codeur 1, l'angle θ_i de rotation de la $i^{ème}$ spirale par rapport à la première

spirale étant égal à $\frac{\pi}{N_{pp}} \cdot i$ avec i compris entre 0 et $2N_{pp}-1$.

- [0023] Ainsi, la piste magnétique 2 délivre un signal magnétique pseudo-sinusoïdal dont la période spatiale est égale à $\lambda = 2 \cdot L_p$. En outre, la géométrie en spirale d'Archimède permet notamment que le nombre N_{pp} de paires de pôles de la piste magnétique 2 ainsi que la largeur polaire L_p puissent être choisis indépendamment du rayon de la piste magnétique 2.
- [0024] Selon une réalisation, le codeur 1 est formé d'un aimant sur lequel la piste magnétique multipolaire 2 est réalisée. En particulier, l'aimant peut être formé d'une matrice annulaire, par exemple réalisée à base d'un matériau plastique ou élastomère, dans laquelle sont dispersées des particules magnétiques, notamment des particules de ferrite ou de terres rares comme le NdFeB.
- [0025] Le système de détermination comprend un capteur de rotation qui est destiné à être solidaire de la structure fixe, ledit capteur étant apte à détecter le champ magnétique périodique émis par le codeur 1. Pour ce faire, le capteur comprend plusieurs éléments sensibles magnétiques 4a, 4b, 5a, 5b, chacun étant apte à détecter le champ magnétique périodique émis par le codeur 1 pour délivrer un signal représentatif de la rotation dudit codeur, lesdits éléments sensibles étant disposés à entrefer de lecture dudit champ magnétique.
- [0026] Chacun des éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b peut notamment être choisi parmi les sondes magnétosensibles. Par exemple, des sondes à base d'effet Hall, des magnétorésistances à effet tunnel (TMR), des magnétorésistances anisotropes (AMR) ou des magnétorésistances géantes (GMR) peuvent mesurer une composante du champ magnétique (normale ou tangentielle au codeur 1) ou le champ tournant (résultant des composantes normales et tangentielles).
- [0027] En particulier, comme décrit dans le document WO-2004/083881, chaque élément sensible forme une jonction tunnel en comprenant un empilement d'une couche magnétique de référence, d'une couche de séparation isolante et d'une couche magnétique sensible au champ à détecter, la résistance de l'empilement étant fonction de l'orientation relative de l'aimantation des couches magnétiques.
- [0028] De manière avantageuse, chaque élément sensible 4a, 4b, 5a, 5b peut comprendre au moins un motif à base d'un matériau magnétorésistif dont la résistance varie en fonction du champ magnétique, un élément sensible 4a, 4b, 5a, 5b pouvant comprendre un seul motif ou un groupe de motifs reliés en série.
- [0029] En variante, la composante normale seule du champ magnétique délivré par le codeur 1 peut être mesurée, par exemple grâce à des éléments à effet Hall. L'utilisation du champ normal seul est favorable car il est plus sinusoïdal que le champ tangentiel.
- [0030] La répartition circonférentielle des éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b permet de

s'affranchir des effets de bords du champ magnétique délivré par le codeur 1, permettant d'utiliser un codeur 1 de hauteur limitée, notamment inférieure à $6.L_p$.

- [0031] En outre, en disposant les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b à une distance d'entrefer de lecture de la piste magnétique 2 qui est de l'ordre de $\frac{L_p}{2}$, on obtient un bon compromis entre sinusoidalité et amplitude du signal détecté. En particulier, ce positionnement optimal peut être obtenu du fait que la largeur polaire L_p peut être comprise entre 1 et 6 mm, et ce même avec un nombre N_{pp} de paires de pôles du codeur 1 qui est inférieur à 12.
- [0032] Le capteur comprend deux groupes 4, 5 de deux éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b répartis angulairement à distance de lecture de la piste magnétique 2, système de détermination comprenant un dispositif de soustraction des signaux V_{4a} , V_{4b} et V_{5a} , V_{5b} délivrés par les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b de chacun desdits groupes pour former des signaux respectivement SIN et COS ([Fig.2]).
- [0033] Les groupes 4, 5 d'éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b sont décalés angulairement d'un angle α qui est agencé pour que les signaux SIN et COS soient en quadrature, c'est-à-dire déphasés de 90° .
- [0034] De façon avantageuse, les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b sont répartis angulairement le long de la piste magnétique 2 en formant entre les deux groupes 4, 5 un angle α qui est égal à $\frac{\pi}{2N_{pp}}$ modulo $\frac{\pi}{N_{pp}}$.
- [0035] En particulier, par exploitation de tels signaux en quadrature, dans le capteur ou dans un calculateur associé, il est connu de déterminer la position angulaire du codeur 1, par exemple par un calcul direct d'une fonction arctangente, à l'aide d'une « Look-Up Table » (LUT) ou grâce à une méthode de type CORDIC.
- [0036] Les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b de chacun des groupes 4, 5 sont diamétralement opposés en formant entre eux un angle de π . En relation avec la figure 1, la piste 2 comprend une paire de pôles qui permet de déterminer un angle absolu sur 360° dès la mise sous tension du système, les groupes 4, 5 d'éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b étant décalés d'un angle α qui est égal à $\frac{\pi}{2}$.
- [0037] Les signaux S_1 , S_2 détectés par les éléments sensibles 5a, 5b du groupe 5 s'écrivent alors :
- [0038] $S_1 = A.\sin(b)$;
- [0039] $S_2 = A.\sin(b + \pi)$
- [0040] où A est l'amplitude du signal et b est l'angle de rotation du codeur 1.
- [0041] Ainsi, pour une excentration e_x suivant l'axe X contenant les éléments sensibles 5a, 5b, les signaux s'écrivent :
- [0042] $S_1 = A.\sin(b + \varphi)$;
- [0043] $S_2 = A.\sin(b + \pi - \varphi)$

[0044] $\varphi = \pi \frac{e_x}{L_p}$ étant le déphasage causé par l'excentration e_x .

[0045] Par exemple, pour une longueur polaire $L_p = 2\text{mm}$ et une excentration de $e_x = 0.1\text{mm}$, on obtient un déphasage $\varphi = 9^\circ$, qui pourrait directement se répercuter en erreur angulaire sur la détermination du paramètre de rotation.

[0046] Ainsi, lorsque l'organe tournant sur lequel est monté le codeur 1 est soumis à un jeu axial, notamment s'il fait partie d'un montage sans roulement, par exemple utilisant des paliers lisses, l'excentration de l'axe de rotation de la piste magnétique 2 par rapport à l'axe géométrique du capteur causée par ce jeu provoque l'apparition d'une erreur de détermination importante.

[0047] Mais, dans la mesure où les deux éléments sensibles 5a, 5b du groupe 5 sont diamétralement opposés, la différence des deux signaux S_1 et S_2 donne :

$$\begin{aligned} [0048] \quad S_1 - S_2 &= A \sin(b + \varphi) - A \sin(b + \pi - \varphi) \\ &= 2A \sin\left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right) \cos\left(b + \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

$$[0049] \quad = 2A \cos\varphi \sin b$$

[0050] L'amplitude de cette différence change légèrement (de 1.3% dans notre exemple) mais sa phase ne change pas. D'autre part, l'effet de l'excentration e_x sur la différence des signaux des éléments sensibles 4a, 4b est minime car, selon cet axe X, les éléments sensibles 4a, 4b suivent sensiblement la courbure de la spirale qui les supporte. Leur phase respective n'est que peu modifiée.

[0051] Ainsi, au total, l'effet de l'excentration e_x sur la détermination angulaire est minimisé. La preuve analytique complète pour des excentrations composées suivant les axes X et Y est plus complexe à obtenir, mais ce résultat est confirmé par des simulations numériques avec différentes excentrations.

[0052] En relation avec les figures 3 et 4, les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b de chacun des groupes 4, 5 sont positionnés à distance de lecture de la piste magnétique 2 de sorte à détecter un champ magnétique de phase respectivement φ_1 et φ_2 , le déphasage $\delta = \varphi_2 - \varphi_1$ étant tel que :

$$[0053] \quad 0,55\pi < \delta \cdot N_{pp} < 0,83\pi, \text{ modulo } 2\pi ; \text{ ou}$$

$$[0054] \quad 1,17\pi < \delta \cdot N_{pp} < 1,45\pi, \text{ modulo } 2\pi.$$

[0055] Dans cette configuration, les signaux V_1 , V_2 délivrés par les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b d'un même groupe 4, 5 peuvent s'écrire :

$$[0056] \quad V_1(t) = GH_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + GH_3 \sin(3\omega t + 3\varphi_1) + GH_5 \sin(5\omega t + 5\varphi_1) + \dots$$

$$[0057] \quad V_2(t) = GH_1 \sin(\omega t + \varphi_2) + GH_3 \sin(3\omega t + 3\varphi_2) + GH_5 \sin(5\omega t + 5\varphi_2) + \dots$$

[0058] ω étant la vitesse de rotation, H_i étant l'amplitude de la fondamentale pour $i=1$ et des harmoniques de rang i pour $i=3, 5$, etc.

[0059] Soit une soustraction des signaux V_1 , V_2 délivrés par les deux éléments sensibles 4a,

4b, 5a, 5b déphasés magnétiquement d'un angle δ qui s'écrit :

$$[0060] \quad V_1(t) - V_2(t) = G.H_1[\sin(\omega t + \varphi_1) - \sin(\omega t + \varphi_2)] + G.H_3[\sin(3\omega t + 3\varphi_1) - \sin(3\omega t + 3\varphi_2)] + G.H_5[\sin(5\omega t + 5\varphi_1) - \sin(5\omega t + 5\varphi_2)] + \dots$$

$$[0061] \quad = 2.G.H_1 \sin\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \cos\left(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) + 2.G.H_3 \sin\left(3 \cdot \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \cos\left(3\omega t + 3 \cdot \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) + 2.G.H_5 \sin\left(5 \cdot \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \cos\left(5\omega t + 5 \cdot \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) + \dots$$

[0062] En considérant un filtrage d'au moins 3 dB de l'harmonique de rang 3, il faut donc que :

$$[0063] \quad \left| \frac{2.G.H_3 \sin\left(3 \cdot \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right)}{2.G.H_1 \sin\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right)} \right| \leq \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \left| \frac{H_3}{H_1} \right|$$

$$[0064] \quad \left| \frac{\sin\left(3 \cdot \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right)} \right| \leq \frac{\sqrt{2}}{2}$$

[0065] Par conséquent, le filtrage de l'harmonique de rang 3 est satisfaisant pour un déphase magnétique δ qui est tel que :

$$[0066] \quad 0,55\pi < \delta.N_{pp} < 0,83\pi, \text{ modulo } 2\pi ; \text{ ou}$$

$$[0067] \quad 1,17\pi < \delta.N_{pp} < 1,45\pi, \text{ modulo } 2\pi.$$

[0068] La suppression, ou au moins l'atténuation, de l'harmonique de rang 3 dans les signaux SIN, COS traités pour déterminer le paramètre de rotation est bénéfique relativement à la précision de ladite détermination, mais également pour les algorithmes de traitement du signal qui réalisent :

- la suppression de l'offset des voies SIN et COS ;
- l'égalisation des amplitudes des voies SIN et COS ;
- la correction de phase entre les voies SIN et COS.

[0069] De façon optimale relativement au filtrage, le déphase δ est tel que $\delta.N_{pp}$ est sensiblement égal à $2\pi/3$ ou à $4\pi/3$ modulo 2π , puisque l'harmonique de rang 3 est alors annulée :

$$[0070] \quad V_1(t) - V_2(t) = \sqrt{3}.G.H_1 \cos\left(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) + 0 - \sqrt{3}.G.H_5 \cos\left(5\omega t + 5 \cdot \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) + \dots$$

[0071] Toutefois, ce déphase δ conduit à un gain de $\sqrt{3}$ des signaux SIN, COS délivrés par les groupes 4, 5 d'éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b, ce qui peut amener à faire varier ledit déphase dans les plages mentionnées ci-dessus pour optimiser le couple filtrage – gain.

[0072] En relation avec la figure 3, la piste 2 comprend une paire de pôles qui permet de déterminer un angle absolu sur 360° . Outre le décalage des groupes 4, 5 d'un angle α égal à $\frac{\pi}{2}$, les flèches F4 et F5 indiquent le déplacement d'un élément sensible 4c, 5c de chacun des groupes 4, 5 depuis un positionnement formant un angle γ de 120° avec l'élément sensible 4a, 5a de son groupe 4, 5, vers une configuration suivant l'invention dans laquelle les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b de chacun des groupes 4, 5 sont diamétralement opposés en conservant un déphase δ de 120° pour filtrer l'harmonique de rang 3.

- [0073] En particulier, on peut déplacer chaque élément sensible 4c, 5c d'un groupe 4, 5 n'importe où le long de la spirale d'Archimède A_4 , A_5 passant par sa position angulaire originale d'angle γ telle que déterminée ci-dessus, ou sur la spirale équivalente d'une autre période magnétique, décalée angulairement d'un multiple de $360^\circ/N_{pp}$, et ce jusqu'à ce que les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b de chacun des groupes 4, 5 soient diamétralement opposés.
- [0074] On préférera si possible les positions où les champs magnétiques mesurés ont une bonne forme sinusoïdale et la même amplitude, notamment des positions plutôt proches du rayon R_L de lecture médian.
- [0075] En relation avec les figures 4, on décrit ci-dessous un système particulièrement adapté au pilotage d'un moteur électrique à quatre paires de pôles, ledit système fournissant la position absolue sur une paire de pôles moteur, soit 90° mécanique.
- [0076] Pour ce faire, le codeur 1 comprend 4 paires de pôles ($N_{pp} = 4$), les groupes 4, 5 d'éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b délivrant des signaux SIN, COS en quadrature sur chacune des paires de pôles afin que le capteur ou le calculateur de pilotage du moteur puisse déterminer la position angulaire absolue sur un secteur angulaire de 90° .
- [0077] En relation avec la figure 4a, deux éléments sensibles 4a, 4c, 5a, 5c forment entre eux un angle γ de $\frac{2\pi}{3N_{pp}} = \pi/6$, l'angle α entre les groupes 4, 5 étant de $\frac{\pi}{2N_{pp}} = \pi/8$.
- [0078] De même que sur la [Fig.3], la flèche F5 indique le déplacement d'un élément sensible 5c d'un groupe 5 depuis un positionnement formant l'angle γ de $\pi/6$ avec l'élément sensible 5a de son groupe 5, vers une configuration suivant l'invention avec un angle de 180° en conservant un déphasage δ de $\pi/6$ pour filtrer l'harmonique de rang 3.
- [0079] En faisant de même pour l'autre groupe 4 d'éléments sensibles 4a, 4b, on obtient la configuration selon la [Fig.4b] dans laquelle les groupes 4, 5 sont décalés angulairement d'un angle $\alpha = \pi/8$, les éléments sensibles 4a, 4b, 5a, 5b de chacun des groupes 4, 5 étant diamétralement opposés en étant déphasés magnétiquement d'un angle $\delta = \pi/6$.
- [0080] En variante représentée sur la [Fig.4c], un groupe 4 d'éléments sensibles 4a, 4b peut être décalé à isophase d'un angle de $\pi/2$ par rapport à la configuration de la [Fig.4b].

Revendications

[Revendication 1]

Système de détermination d'au moins un paramètre de rotation d'un organe tournant, ledit système comprenant :

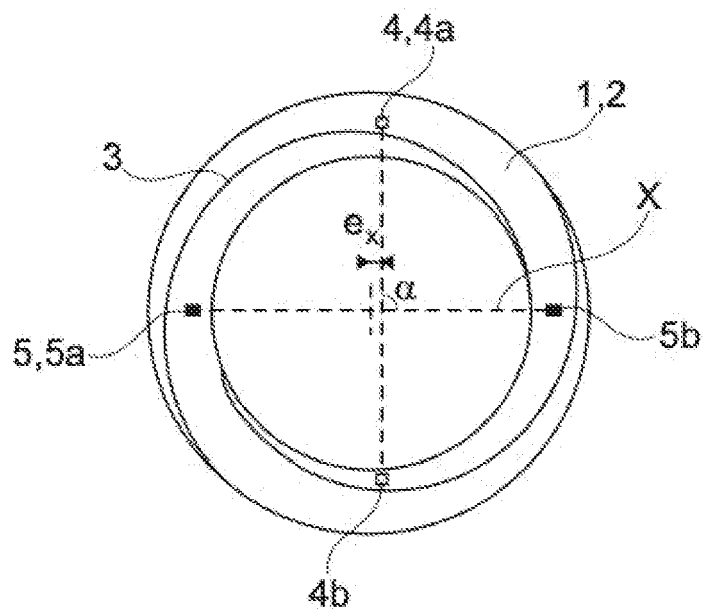
- un codeur (1) destiné à être associé en rotation à l'organe tournant de sorte à se déplacer conjointement avec lui, ledit codeur comprenant un corps sur lequel est formée une piste magnétique (2) qui est apte à émettre un champ magnétique périodique représentatif de la rotation dudit codeur, ladite piste présentant N_{pp} paires de pôles magnétiques Nord et Sud qui sont séparés par $2N_{pp}$ transitions (3), chacune desdites transitions s'étendant suivant une spirale d'Archimède définie en coordonnées polaires par rapport à l'axe de rotation par l'équation $\rho = \frac{N_{pp} L_p}{\pi} . (\theta + \theta_i)$, L_p étant la largeur polaire de chacun des pôles suivant le rayon dudit codeur, l'angle θ_i de rotation de la $i^{\text{ème}}$ spirale par rapport à la première spirale étant égal à $\frac{\pi}{N_{pp}} . i$ avec i compris entre 0 et $2N_{pp}-1$;
- un capteur de rotation comprenant deux groupes (4, 5) de deux éléments sensibles (4a, 4b, 5a, 5b) répartis angulairement à distance de lecture de la piste magnétique (2), chacun desdits éléments sensibles étant apte à détecter le champ magnétique périodique émis par ledit codeur pour délivrer un signal représentatif de la rotation du codeur (1),
- un dispositif de soustraction des signaux délivrés par les éléments sensibles (4a, 4b, 5a, 5b) de chacun desdits groupes pour former des signaux respectivement SIN et COS, lesdits groupes étant décalés angulairement d'un angle α qui est agencé pour que les signaux SIN et COS soient en quadrature ;

ledit système de détermination étant caractérisé en ce que les éléments sensibles (4a, 4b, 5a, 5b) de chacun des groupes (4, 5) sont diamétralement opposés en formant entre eux un angle de π , les éléments sensibles (4a, 4b, 5a, 5b) de chacun des groupes (4, 5) étant positionnés à distance de lecture de la piste magnétique (2) de sorte à détecter un champ magnétique de phase respectivement φ_1 et φ_2 , le déphasage $\delta = \varphi_2 - \varphi_1$ étant tel que :

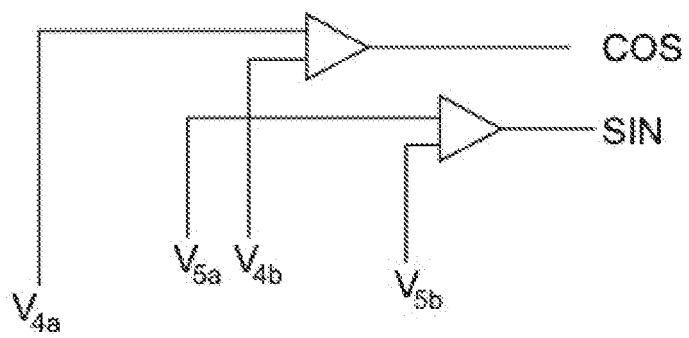
$0,55\pi < \delta . N_{pp} < 0,83\pi$, modulo 2π ; ou

- $1,17\pi < \delta.N_{pp} < 1,45\pi$, modulo 2π .
- [Revendication 2] Système de détermination selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'angle α formé entre les deux groupes (4, 5) d'éléments sensibles (4a, 4b, 5a, 5b) est égal à $\frac{\pi}{2N_{pp}}$ modulo $\frac{\pi}{N_{pp}}$.
- [Revendication 3] Système de détermination selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le déphasage δ est tel que $\delta.N_{pp}$ est sensiblement égal à $2\pi/3$ ou à $4\pi/3$ modulo 2π .
- [Revendication 4] Système de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le codeur (1) présente une hauteur qui est inférieure à $6.L_p$.
- [Revendication 5] Système de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les éléments sensibles (4a, 4b, 5a, 5b) sont disposés à une distance d'entrefer de lecture de la piste magnétique (2) qui est de l'ordre de $\frac{L_p}{2}$.
- [Revendication 6] Système de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le nombre N_{pp} de paires de pôles du codeur (1) est inférieur à 12.
- [Revendication 7] Système de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la largeur polaire L_p du codeur (1) est comprise entre 1 et 6 mm.

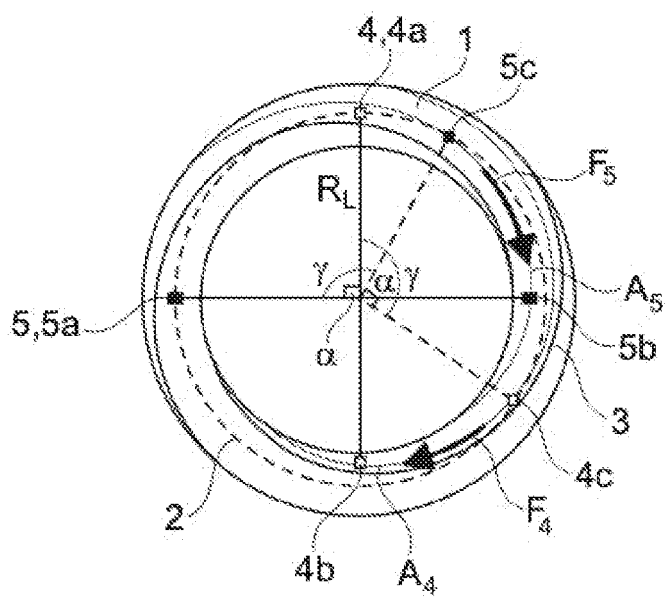
[Fig. 1]



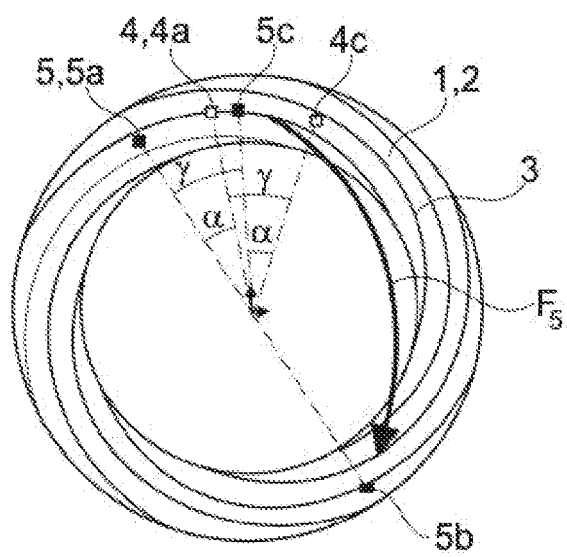
[Fig. 2]



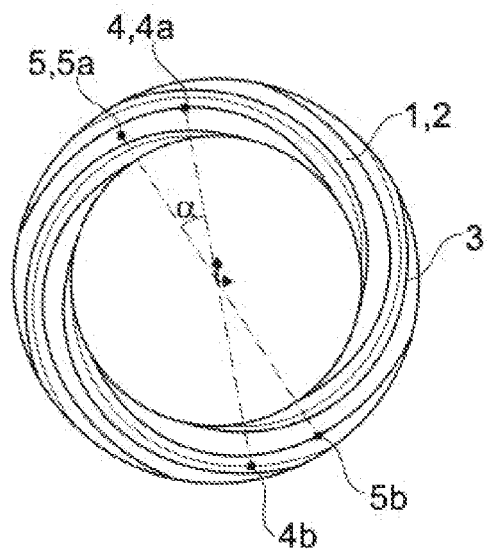
[Fig. 3]



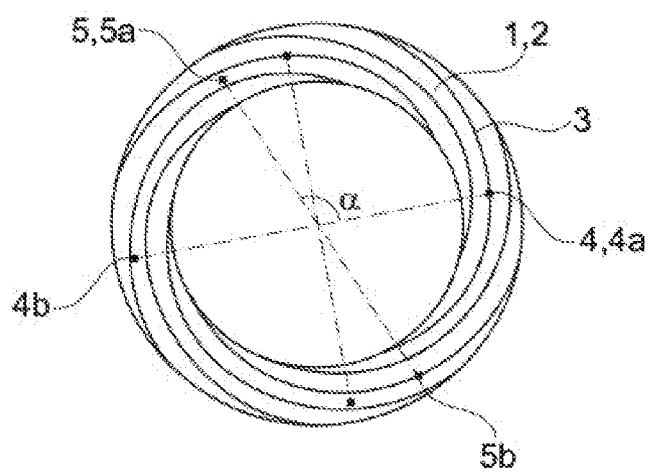
[Fig. 4a]



[Fig. 4b]



[Fig. 4c]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

FR 3 078 775 A1 (NTN SNR ROULEMENTS [FR])
13 septembre 2019 (2019-09-13)

DE 103 09 027 A1 (MICRO HYBRID ELECTRONIC
GMBH [DE]) 16 septembre 2004 (2004-09-16)

DE 10 2005 042616 B4 (BOURNS INC [US])
8 juillet 2010 (2010-07-08)

US 10 969 252 B2 (NTN SNR ROULEMENTS [FR])
6 avril 2021 (2021-04-06)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT