

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 124 468**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **21 06673**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 60 T 13/74 (2020.12), B 60 T 7/12, 8/54**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 23.06.21.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 30.12.22 Bulletin 22/52.

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) : **HITACHI ASTEMO FRANCE Société par Actions Simplifiée à associé Unique (SASU) — FR.**

⑦2 Inventeur(s) : **RAMIREZ HERNANDEZ Carlos Eduardo et RAMDANE Abdessamed.**

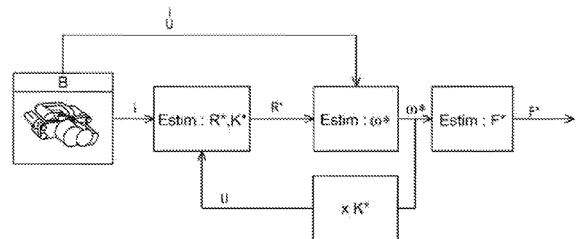
⑦3 Titulaire(s) : **HITACHI ASTEMO FRANCE Société par Actions Simplifiée à associé Unique (SASU).**

⑦4 Mandataire(s) : **LLR.**

⑤4 Procédé de réglage de la force de serrage exercée par un frein électromécanique.

⑤7 L'invention se rapporte à un procédé pour régler la force de serrage (F^*) exercée par un frein électromécanique (B) d'un véhicule automobile, le frein (B) comportant un moteur électrique muni d'un arbre rotatif destiné à entraîner des moyens mécaniques de serrage de frein, le moteur électrique étant commandé au moyen d'une commande en tension du type MLI, dans lequel on estime la vitesse de rotation du moteur (ω) à partir d'une estimation de la résistance du moteur (R^*) et d'une estimation de la constante moteur (K^*), puis on détermine la force de serrage (F^*) à partir de l'estimation de la vitesse de rotation du moteur (ω), caractérisé en ce que l'on met à jour l'estimation de la résistance du moteur (R^*) pendant une phase inactive d'absence de commande en tension (« idle phase »).

Figure pour l'abrégié : figure 3



FR 3 124 468 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de réglage de la force de serrage exercée par un frein électromécanique

- [0001] L'invention se rapporte au domaine des actionneurs de freinage de véhicule automobile, plus particulièrement un procédé de réglage de la force de serrage exercée par un frein électromécanique.
- [0002] Un système de freinage d'un véhicule automobile comporte en général des moyens mécaniques de serrage du frein comprenant notamment des moyens de friction, tels que des plaquettes de frein, reliés à un actionneur apte à déplacer ces moyens de friction en direction de la roue du véhicule pour l'enserrer et ainsi freiner le véhicule par friction, ou de les écarter dans le but de cesser le freinage. Dans le cas d'un frein électromécanique, les moyens mécaniques de serrage sont commandés par un moteur électrique muni d'un arbre rotatif qui les entraîne.
- [0003] Pour modifier la vitesse de rotation d'un moteur ω (rad/s), il faut faire varier la force électromotrice E. Cette dernière est proportionnelle à la tension :
- [0004] $E = K \cdot \omega = U - R \cdot i$
- [0005] Avec :
- [0006] K : la constante moteur
- [0007] U : la tension
- [0008] i : l'intensité
- [0009] R : la résistance du moteur
- [0010] Il est ainsi connu, par exemple des documents WO2019131659 et DE102014203350, de modifier la vitesse de rotation d'un moteur ω (rad/s) au moyen d'une commande en tension du type PWM (« Pulse width modulation » en anglais) ou MLI (« Modulation en Largeur d'Impulsion »).
- [0011] Cela consiste à alimenter le moteur avec une tension en créneaux. La tension moyenne dépend alors du rapport cyclique T0/T. La vitesse ω varie en fonction de cette tension moyenne.
- [0012] Ainsi pour commander un moteur électrique, il faut déterminer la commande MLI, donc une commande en tension, la constante moteur K, ainsi que la résistance moteur R. L'estimation de la vitesse ω est également importante pour estimer l'angle de rotation du moteur CC, car il n'y a pas de capteur d'angle sur ce type de moteur.
- [0013] Actuellement, la résistance du moteur est calculée pendant le pic de courant de démarrage dans un moteur à courant continu (CC).
- [0014] Cependant, la valeur de la résistance moteur évolue en fonction de la température, et la température évolue au cours du freinage. Avec les méthodes actuelles, il y a donc un

risque de surestimer ou sous-estimée la valeur de la résistance, et donc, soit de ne pas freiner suffisamment, soit d'augmenter la friction et donc de limiter la durée de vie des freins.

- [0015] L'invention a ainsi pour but de fournir un procédé pour régler la force de serrage exercée par un frein électromécanique d'un véhicule automobile, s'affranchissant des problèmes précités.
- [0016] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé pour régler la force de serrage exercée par un frein électromécanique d'un véhicule automobile, le frein comportant un moteur électrique muni d'un arbre rotatif destiné à entraîner des moyens mécaniques de serrage de frein, le moteur électrique étant commandé au moyen d'une commande en tension du type PWM, dans lequel on estime la vitesse de rotation du moteur (ω) à partir d'une estimation de la résistance du moteur (R^*) et d'une estimation de la constante moteur (K^*), puis on détermine la force de serrage à partir de l'estimation de la vitesse de rotation du moteur (ω), dans lequel on met à jour l'estimation de la résistance du moteur pendant une phase inactive (du contrôleur (ECU) du moteur) d'absence de commande en tension (appelée « idle phase » et correspondant à une phase d'approche des plaquettes vers le disque).
- [0017] En calculant la résistance du moteur pendant la phase inactive (« idle phase ») du contrôleur du moteur, et en mettant à jour constamment cette estimation, il est possible d'obtenir une estimation plus précise de la résistance du moteur. De plus, une telle solution peut être implémenté avec ou sans capteur spécifique.
- [0018] Enfin, un tel procédé peut être utilisé pour détecter des anomalies sur la première estimation de la résistance, voire en tant que capteur d'angle.
- [0019] Le procédé peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :
- [0020] • on met à jour l'estimation de la résistance du moteur au moyen d'une fonction polynomiale d'ordre n , n étant supérieur ou égal à 2, centrée autour de la valeur nominale de la résistance moteur exprimée selon un nombre entier ; en utilisant seulement une fonction polynomiale du second degré, l'estimation de la résistance du moteur se fait à faible coût de calcul, et donc, cette équation simple et rapide à mettre en œuvre permet d'observer l'évolution de la résistance du moteur, et par conséquent celle de la température, sur des périodes de temps plus courtes (inférieure à 1ms) ;
- on met à jour l'estimation de la résistance du moteur selon un pas d'échantillonnage inférieur à 1ms ;
- le frein comportant un moteur électrique muni d'un arbre rotatif destiné à entraîner des moyens mécaniques de serrage de frein, on détermine la force de serrage en fonction de la résistance du moteur mise à jour ($R[n]$), et un ac-

tionneur commande les moyens mécaniques de serrage de frein afin d'appliquer la force de serrage ainsi estimée ;

- on estime la résistance du moteur ($R[n]$) à un instant donné à partir d'une valeur précédente de la résistance du moteur ($R[n-1]$), et en utilisant une relation décrivant la résistance d'un solénoïde dans laquelle la tension (V_{bat}) est remplacée par la différence (V'_{bat}) entre la tension (V_{bat}) et la tension du moteur (V) ;
- dans la relation décrivant la résistance d'un solénoïde, on remplace la fonction exponentielle par une série de Taylor d'ordre n , n étant supérieur ou égal à 2, centrée autour de la valeur nominale de la résistance moteur exprimée en entier ;
- on estime la résistance du moteur ($R[n]$) à un instant donné au moyen de la relation suivante :

$$[0021] \quad R[n] = \frac{V'_{bat}\delta}{i[n]} + \left(\frac{i[n-1]R[n-1]}{i[n]} - \frac{V'_{bat}\delta}{i[n]} \right) (a.R[n-1]^2 + b.R[n-1] - c)$$

[0022] avec :

- [0023]
- $R[n]$: résistance moteur au pas n
 - $R[n-1]$: résistance moteur au pas $n-1$
 - $i[n]$: intensité du moteur au pas n
 - $i[n-1]$: intensité du moteur au pas $n-1$
 - $V'_{bat}\delta = V_{bat}\delta - K*\omega$: avec V_{bat} , la tension d'alimentation du moteur, K , la constante moteur, et ω , la vitesse de rotation du moteur.
 - a : coefficient polynomial
 - b : coefficient polynomial
 - c : coefficient polynomial

[0024] • les coefficients polynomiaux ont les valeurs suivantes :

$$[0025] \quad a = 0,4523$$

$$[0026] \quad b = 0,291$$

$$[0027] \quad c = 0,07027$$

- [0028]
- les coefficients polynomiaux a , b et c sont des entiers ;
 - les coefficients polynomiaux ont les valeurs suivantes :

$$[0029] \quad a = 3$$

$$[0030] \quad b = 2037$$

$$[0031] \quad c = 490979$$

- [0032]
- les paramètres de la relation de détermination de la résistance moteur sont exprimés en uint32, après avoir appliqué des gains à et la résistance moteur en $m\Omega$, la valeur de tension est exprimée avec un gain de 100000 l'intensité avec un gain de 100 ;

- on ajoute un gain de 7000000 ;
- la tension du moteur est déterminée en multipliant la constante moteur par la vitesse de rotation du moteur ;
- la vitesse de rotation du moteur est estimée ou mesurée au moyen d'un capteur embarqué.

[0033] L'invention se rapporte également à un **système de freinage** apte à mettre en œuvre le procédé selon l'invention.

[0034] Selon l'invention, le système de freinage peut comporter un moteur électrique de freinage, et un contrôleur apte à mettre en œuvre le procédé selon l'invention.

[0035] Selon un exemple, la résistance nominale du moteur est de 0,34 Ω et l'inductance du moteur est de 0,000117 H, et le contrôleur a un temps d'échantillonnage (t) de 100ms.

[0036] Le contrôleur peut être un contrôleur 16 ou 32 bits.

[0037] L'invention se rapporte également à un **véhicule** comprenant le système de freinage selon l'invention.

Brève description des figures

[0038] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

[0039] [Fig.1] la [Fig.1] est un exemple de résultat illustrant l'estimation de la résistance moteur, la tension du moteur, et l'intensité du moteur en fonction du temps ;

[0040] [Fig.2] la [Fig.2] est un grossissement de la [Fig.1] autour de 0,0688s ;

[0041] [Fig.3] la [Fig.3] est un schéma représentant un ordinogramme de fonctionnement du procédé de réglage de la force de serrage exercée par un frein électromécanique d'un véhicule automobile, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[0042] [Fig.4] la [Fig.4] est un schéma représentant un ordinogramme de fonctionnement du procédé de réglage de la force de serrage exercée par un frein électromécanique d'un véhicule automobile, selon un second mode de réalisation particulier de l'invention.

Description détaillée

[0043] On a représenté aux figures 3 et 4 des schémas représentant un ordinogramme de fonctionnement du procédé de réglage de la force de serrage (F^*) exercée par un frein électromécanique (B) d'un véhicule automobile, selon deux modes de réalisation particuliers de l'invention.

[0044] Le frein électromécanique (B) comprend, de façon classique, un moteur électrique muni d'un arbre rotatif destiné à entraîner des moyens mécaniques de serrage de frein (non représentés). Le moteur électrique est de préférence un moteur électrique à courant continu (CC ou DC en anglais). S'agissant d'un frein électromécanique connu en soi, il ne sera pas décrit davantage ici.

[0045] Le moteur électrique est commandé au moyen d'une commande en tension du type

MLI (pour Modulation en Largeur d'Impulsions ou PWM (« Pulse width modulation ») en anglais).

[0046] Selon l'invention, le procédé comporte les étapes suivantes :

- [0047]
- on estime la résistance du moteur R^* ;
 - on estime la constante moteur K^* ;
 - on estime la vitesse de rotation du moteur ω^* à partir des estimations de résistance R^* et de constante moteur K^* ; puis
 - on détermine la force de serrage F^* à partir de l'estimation de la vitesse de rotation du moteur ω^* .

[0048] Sur les figures 3 et 4 :

- [0049]
- les deux premières étapes sont notées : « Estim : R^* , K^* » ;
 - la troisième étape est notée : « Estim : ω^* » ;
 - la quatrième étape est notée : « Estim : F^* ».

[0050] La force de serrage F^* est déterminée en continue, et pour obtenir une valeur précise et fiable de cette force de serrage, on met à jour en continue l'estimation de la résistance du moteur.

[0051] Pour ce faire, on met à jour l'estimation de la résistance du moteur pendant une phase inactive (« idle phase ») du contrôleur (ECU) du moteur, c'est-à-dire, pendant la phase d'absence de commande en tension (phase OFF de la commande en tension du type MLI).

[0052] La phase « Idle » correspond à la phase d'approche des plaquettes vers le disque. Sur l'exemple de la [Fig.1], cette phase est visible à gauche. Ainsi on est à tension maximale disponible sans commande en tension. Cette dernière caractéristique permet d'améliorer l'estimation de la résistance du moteur R^* et de la constante moteur K^* .

[0053] Pour ce faire, et de façon avantageuse, on met à jour l'estimation de la résistance du moteur au moyen d'une fonction polynomiale d'ordre n , n étant supérieur ou égal à 2, centrée autour de la valeur nominale de la résistance moteur exprimée selon un nombre entier.

[0054] Ainsi, le temps de calcul de la mise à jour est très rapide, et permet ainsi une mise à jour de l'estimation de la résistance du moteur pendant la phase inactive (« idle phase ») du contrôleur (ECU) du moteur même lorsque cette phase inactive est de l'ordre d'une milliseconde.

[0055] On entend par « continue » un calcul et une mise à jour selon un pas d'échantillonnage inférieur à 1ms.

[0056] Ainsi, la force de serrage F^* est déterminée en continue à partir de la valeur de la résistance moteur mise à jour ($R[n]$). Ensuite, un actionneur commande les moyens mécaniques de serrage de frein afin d'appliquer la force de serrage ainsi déterminée.

[0057] Selon un exemple de réalisation, on estime la résistance du moteur ($R[n]$) à un instant

donné à partir d'une valeur précédente de la résistance du moteur ($R[n-1]$), et en utilisant une relation décrivant la résistance d'un solénoïde dans laquelle la tension (V_{bat}) est remplacée par la différence (V'_{bat}) entre la tension (V_{bat}) et la tension du moteur (U). Ainsi, la fonction permettant de mettre à jour la résistance du moteur s'écrit :

$$[0058] \quad R[n] = \frac{V'_{bat}\delta}{i[n]} + \left(\frac{i[n-1]R[n-1]}{i[n]} - \frac{V'_{bat}\delta}{i[n]} \right) e^{-\frac{t}{R[n-1]L}}$$

[0059] Pour obtenir une fonction polynomiale d'ordre n , on remplace, selon en mode préférentiel, la fonction exponentielle de la relation décrivant la résistance d'un solénoïde, par une série de Taylor d'ordre n , n étant supérieur ou égal à 2, centrée autour de la valeur nominale de la résistance moteur exprimée en entier. Ainsi, la fonction permettant de mettre à jour la résistance du moteur s'écrit :

$$[0060] \quad R[n] = \frac{V'_{bat}\delta}{i[n]} + \left(\frac{i[n-1]R[n-1]}{i[n]} - \frac{V'_{bat}\delta}{i[n]} \right) (a.R[n-1]^2 + b.R[n-1] - c)$$

[0061] avec :

- [0062] • $R[n]$: résistance moteur au pas n
 • $R[n-1]$: résistance moteur au pas $n-1$
 • $i[n]$: intensité du moteur au pas n
 • $i[n-1]$: intensité du moteur au pas $n-1$
 • $V'_{bat}\delta = V_{bat}\delta - K*w$: avec V_{bat} , la tension d'alimentation du moteur, K , la constante moteur, et w , la vitesse de rotation du moteur.
 • t : pas d'échantillonnage
 • L : inductance moteur
 • a : coefficient polynomial
 • b : coefficient polynomial
 • c : coefficient polynomial

[0063] Afin, de réduire encore plus le temps de calcul de la mise à jour, les paramètres de la relation de détermination de la résistance moteur sont exprimés en entier du type « uint32 », et non en réel du type « floating ». Ainsi, de façon préférentielle, a , b et c sont des entiers.

[0064] Pour ce faire, on exprime la résistance moteur en $m\Omega$, et on applique à la valeur de tension un gain de 100000, à l'intensité un facteur de 100, et au pas de temps un facteur de 1000.

[0065] Ainsi, pour un moteur ayant une résistance nominale de $0,34 \Omega$ et une inductance de $0,000117 \text{ H}$, et pour un contrôleur ayant un pas d'échantillonnage (t) de $100\mu\text{s}$, la fonction exponentielle de la relation décrivant la résistance d'un solénoïde, est centrée autour de $340 \text{ m}\Omega$ au lieu de $0,34 \Omega$.

[0066] La fonction exponentielle s'écrit alors ainsi :

$$[0067] \quad \frac{t*1000}{L} e^{\frac{R[n-1]}{L}} = 5,5868e^{-6}R^2 + 2,91e^{-4}R - 0,07014$$

[0068] Selon un mode de réalisation préféré, on ajoute un gain de 7000000, afin d'obtenir des coefficients polynomiaux entiers :

$$[0069] \quad a = 3$$

$$[0070] \quad b = 2037$$

$$[0071] \quad c = 490979$$

[0072] La [Fig.1] est un exemple de résultat illustrant l'estimation de la résistance moteur R^* , la tension du moteur U , et l'intensité du moteur i en fonction du temps T .

[0073] Sur la [Fig.1], l'axe des abscisses représente le temps (T) en seconde, et l'axe des ordonnées représente à droite l'intensité du moteur (i) en Ampère, et la tension (U) en Volt, et à gauche la résistance moteur estimée (R^*) en Ohm. La courbe pleine épaisse correspond à l'évolution de l'intensité du moteur i . La courbe en pointillé correspond à l'évolution de la tension du moteur U . La courbe pleine fine correspond à l'évolution de la résistance estimée R^* .

[0074] On observe une estimation précise et en continue de la résistance, dès la phase d'absence de commande en tension (phase inactive du contrôleur (ECU) du moteur). L'évolution de l'estimation pendant cette phase est plus visible sur la [Fig.2] qui représente un grossissement de la [Fig.1] autour de 0,0688s.

[0075] On décrit maintenant un **premier mode de réalisation** en référence à la [Fig.3]. Selon ce mode de réalisation, aucun capteur n'est nécessaire pour estimer la force de serrage F^* . En effet, les deux paramètres connus sont la tension U et l'intensité i du moteur. Puis, la résistance du moteur est estimée (R^*) à partir de l'intensité i du moteur et de la tension U du moteur (qui peut être estimée (U^*) à partir de la constante moteur estimée K^*). Puis la vitesse du moteur ω est estimée (ω^*) à partir de la résistance moteur R^* estimée, de la tension U et de l'intensité i du moteur. Enfin, la force de serrage F^* est estimée à partir de cette vitesse ω^* . La tension du moteur (U) peut être déterminée en multipliant la constante moteur estimée (K^*) par la vitesse de rotation du moteur estimée (ω^*).

[0076] On décrit maintenant un **second mode de réalisation** en référence à la [Fig.4]. Selon ce mode de réalisation, on utilise un capteur de vitesse embarqué. Ainsi, les paramètres connus sont la vitesse de rotation w , la tension U et l'intensité i du moteur. Selon ce mode de réalisation, la force de serrage F^* est estimée à partir de l'estimation de la résistance moteur R^* , est des trois paramètres connus (la vitesse de rotation w , la tension U et l'intensité i du moteur). La résistance R^* est estimée à partir de deux paramètres connus, l'intensité i et la vitesse w du moteur, et d'un paramètre estimé, la tension du moteur (U^*). Cette dernière est estimée lors d'une étape de vérification de l'estimation de la vitesse de rotation ω^* à partir de U (voir le bloc inférieur sur la [Fig.4],

référencé : « Chk $\omega^* : U^*$ »).

- [0077] L'invention se rapporte également à un **système de freinage** apte à mettre en œuvre le procédé selon l'invention.
- [0078] Le système comporte un moteur électrique de freinage, et un contrôleur apte à mettre en œuvre le procédé selon l'invention.
- [0079] Selon un mode de réalisation, la résistance nominale du moteur est de 0,34 Ω et l'inductance du moteur est de 0,000117 H, et le contrôleur a un temps d'échantillonnage (t) de 100ms.
- [0080] Selon un mode de réalisation, le système de freinage comporte un contrôleur 16 ou 32 bits.
- [0081] L'invention se rapporte également à un **véhicule** comprenant le système de freinage selon l'invention.

Liste des références

- [0082]
- B : Frein
 - T : temps
 - i : intensité du moteur
 - U : tension du moteur
 - U^* : tension du moteur estimée
 - R^* : résistance moteur estimée
 - K^* : constante moteur
 - w : vitesse de rotation du moteur
 - w^* : vitesse de rotation du moteur estimée
 - F^* : force de serrage estimée
- [0083] Références liées à la formule d'estimation :
- [0084]
- $R[n]$: résistance moteur au pas n
 - $R[n-1]$: résistance moteur au pas n-1
 - $i[n]$: intensité du moteur au pas n
 - $i[n-1]$: intensité du moteur au pas n-1
 - $V'_{bat}\delta = V_{bat}\delta - K^*w$: avec V_{bat} , la tension d'alimentation du moteur, K , la constante moteur, et w , la vitesse de rotation du moteur.
 - t : pas d'échantillonnage
 - L : inductance moteur
 - a : coefficient polynomial
 - b : coefficient polynomial
 - c : coefficient polynomial

Revendications

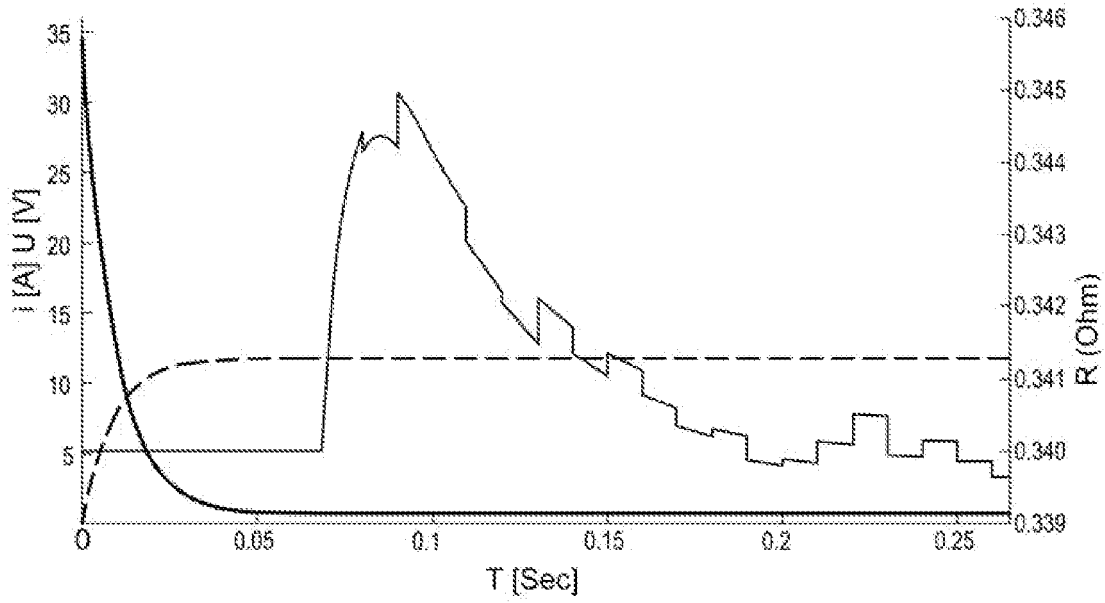
- [Revendication 1] Procédé pour régler la force de serrage (F^*) exercée par un frein électromécanique (B) d'un véhicule automobile, le frein (B) comportant un moteur électrique muni d'un arbre rotatif destiné à entraîner des moyens mécaniques de serrage de frein, le moteur électrique étant commandé au moyen d'une commande en tension du type MLI, dans lequel on estime la vitesse de rotation du moteur (ω) à partir d'une estimation de la résistance du moteur (R^*) et d'une estimation de la constante moteur (K^*), puis on détermine la force de serrage (F^*) à partir de l'estimation de la vitesse de rotation du moteur (ω), **caractérisé en ce que** l'on met à jour l'estimation de la résistance du moteur (R^*) pendant une phase inactive du contrôleur du moteur d'absence de commande en tension.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel on met à jour l'estimation de la résistance du moteur (R^*) au moyen d'une fonction polynomiale d'ordre n , n étant supérieur ou égal à 2, centrée autour de la valeur nominale de la résistance moteur (R^*) exprimée selon un nombre entier.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on met à jour l'estimation de la résistance du moteur (R^*) selon un pas d'échantillonnage inférieur à 1ms.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le frein (B) comportant un moteur électrique muni d'un arbre rotatif destiné à entraîner des moyens mécaniques de serrage de frein, on détermine la force de serrage (F^*) en fonction de la résistance du moteur mise à jour ($R[n]$), et un actionneur commande les moyens mécaniques de serrage de frein afin d'appliquer la force de serrage (F^*) ainsi estimée.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel **on estime** la résistance du moteur ($R[n]$) à un instant donné à partir d'une valeur précédente de la résistance du moteur ($R[n-1]$), et en utilisant une relation décrivant la résistance d'un solénoïde dans laquelle la tension (V_{bat}) est remplacée par la différence (V'_{bat}) entre la tension (V_{bat}) et la tension du moteur (U).
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel on utilise une relation décrivant la résistance d'un solénoïde dans laquelle on remplace la fonction exponentielle par une série de Taylor d'ordre n , n étant supérieur ou égal à 2, centrée autour de la valeur nominale de la résistance moteur exprimée en entier.

- [Revendication 7] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel on estime la résistance du moteur ($R[n]$) à un instant donné au moyen de la relation suivante :
- $$R[n] = \frac{V'_{bat}\delta}{i[n]} + \left(\frac{i[n-1]R[n-1]}{i[n]} - \frac{V'_{bat}\delta}{i[n]} \right) (a.R[n-1]^2 + b.R[n-1] - c)$$
- avec :
- $R[n]$: résistance moteur au pas n
 - $R[n-1]$: résistance moteur au pas n-1
 - $i[n]$: intensité du moteur au pas n
 - $i[n-1]$: intensité du moteur au pas n-1
 - $V'_{bat}\delta = V_{bat}\delta - K*w$: avec V_{bat} , la tension d'alimentation du moteur, K , la constante moteur, et w , la vitesse de rotation du moteur.
 - a : coefficient polynomial
 - b : coefficient polynomial
 - c : coefficient polynomial
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel
- $$a = 0,4523$$
- $$b = 0,291$$
- $$c = 0,07027$$
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 7, dans lequel a, b et c sont des entiers.
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel :
- $$a = 3$$
- $$b = 2037$$
- $$c = 490979$$
- [Revendication 11] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel les paramètres de la relation de détermination de la résistance moteur sont exprimés en uint32, après avoir appliqué des gains à et la résistance moteur en mΩ, la valeur de tension est exprimée avec un gain de 100000 l'intensité avec un gain de 100.
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel on ajoute un gain de 7000000.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une des revendications 5 à 10, dans lequel la tension du moteur (U^*) est déterminée en multipliant la constante moteur (K^*) par la vitesse de rotation du moteur (w^*).
- [Revendication 14] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel la vitesse de

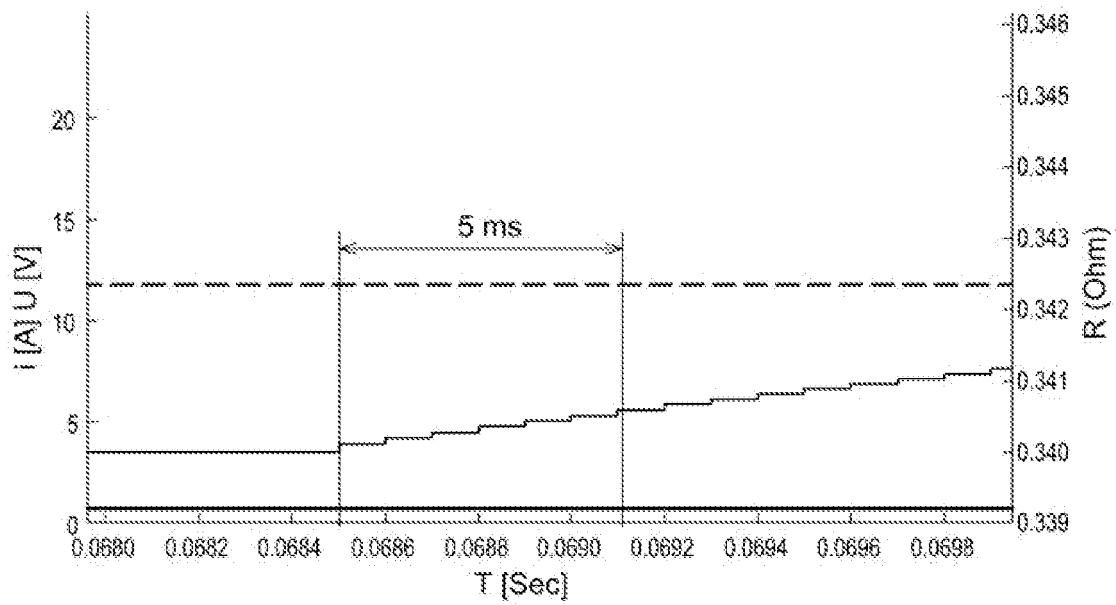
rotation du moteur (w^*) est estimée ou mesurée au moyen d'un capteur embarqué.

- [Revendication 15] **Système de freinage** apte à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.
- [Revendication 16] Système de freinage selon la revendication précédente, comportant un moteur électrique de freinage, et un contrôleur apte à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.
- [Revendication 17] Système de freinage selon la revendication précédente, dans lequel la résistance nominale du moteur est de $0,34 \Omega$ et l'inductance du moteur est de $0,000117 \text{ H}$, et dans lequel le contrôleur a un temps d'échantillonnage (t) de 100 ms .
- [Revendication 18] Système de freinage selon la revendication précédente, dans lequel le contrôleur est un contrôleur 16 ou 32 bits.
- [Revendication 19] **Véhicule** comprenant le système de freinage selon l'une des revendications 15 à 18.

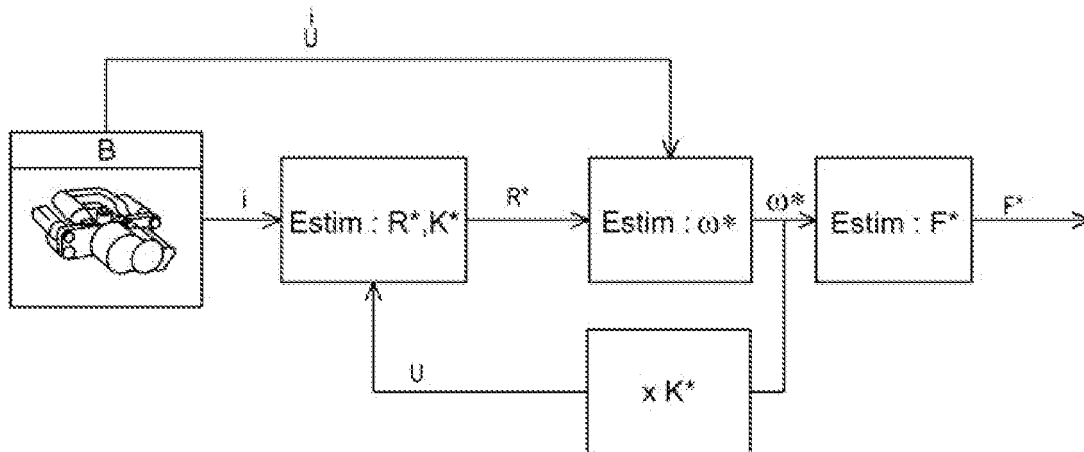
[Fig. 1]



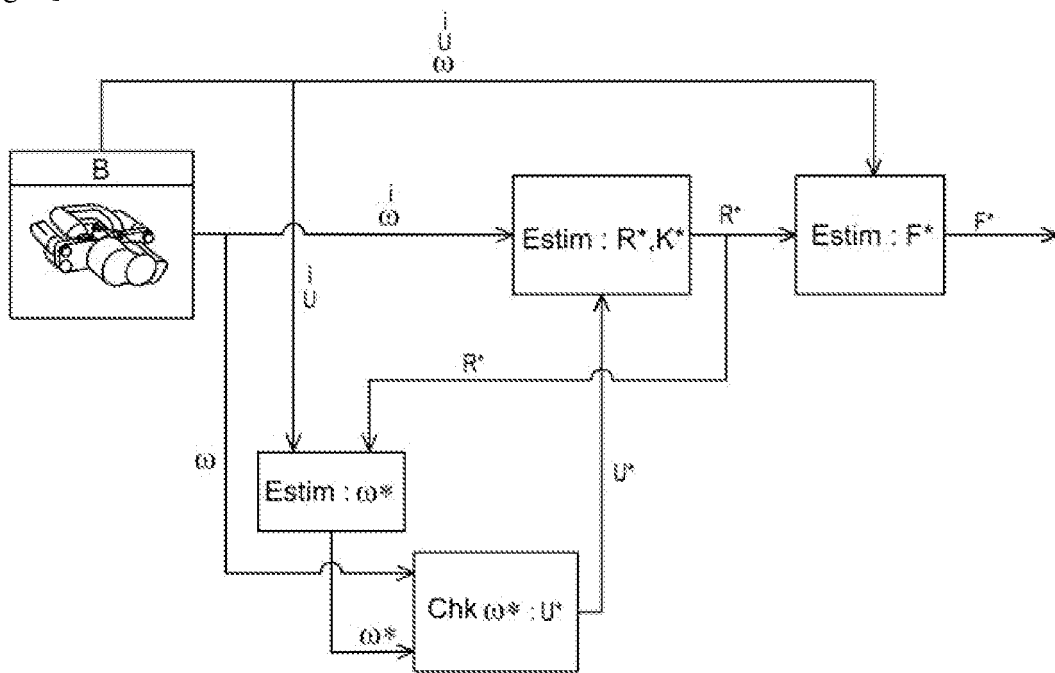
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 898166
FR 2106673

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		
Y A	WO 2019/131659 A1 (NTN TOYO BEARING CO LTD [JP]) 4 juillet 2019 (2019-07-04) * abrégé; figure all * * alinéas [0050] - [0053] *	1, 4, 14-16, 19 2, 3, 5-13, 17, 18	B60T13/74 B60T7/12 B60T8/54
Y A	DE 10 2014 203350 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27 août 2015 (2015-08-27) * abrégé; figure 2 * * alinéas [0031] - [0036] *	1, 4, 14-16, 19 2, 3, 5-13, 17, 18	
A	WO 2019/054376 A1 (NTN TOYO BEARING CO LTD [JP]) 21 mars 2019 (2019-03-21) * abrégé; figure 1 * * alinéas [0001] - [0010] *	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60T H02P
Date d'achèvement de la recherche 11 février 2022		Examineur Gaillard, Alain	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2106673 FA 898166**

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 **11-02-2022**
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
WO 2019131659 A1	04-07-2019	JP 2019118197 A	18-07-2019
		WO 2019131659 A1	04-07-2019
DE 102014203350 A1	27-08-2015	CN 104859624 A	26-08-2015
		DE 102014203350 A1	27-08-2015
		US 2015239439 A1	27-08-2015
WO 2019054376 A1	21-03-2019	JP 2019048584 A	28-03-2019
		WO 2019054376 A1	21-03-2019