

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2012/107661 A2**

(43) Date de la publication internationale  
16 août 2012 (16.08.2012)

(51) Classification internationale des brevets :  
F02N 11/08 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2012/050113

(22) Date de dépôt international :  
19 janvier 2012 (19.01.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1151112 11 février 2011 (11.02.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR/FR]; Route de Gisy, F-78140 Velizy Villacoublay (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GRISI, Fabrice [FR/FR]; 4 Rue du Moulin Bailly, F-92250 La Garenne Colombes (FR). BLIND, Christophe [FR/FR]; 62 Rue Dulong, F-75017 Paris (FR). ALLARD, Julien [FR/FR]; 5 Sente du Clos d'Arcy, F-78300 Poissy (FR).

(74) Mandataire : RENOUS CHAN, Veronique; PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA, Propriété Industrielle, 18 rue des Fauvelles, F-92250 La Garenne Colombes (FR).

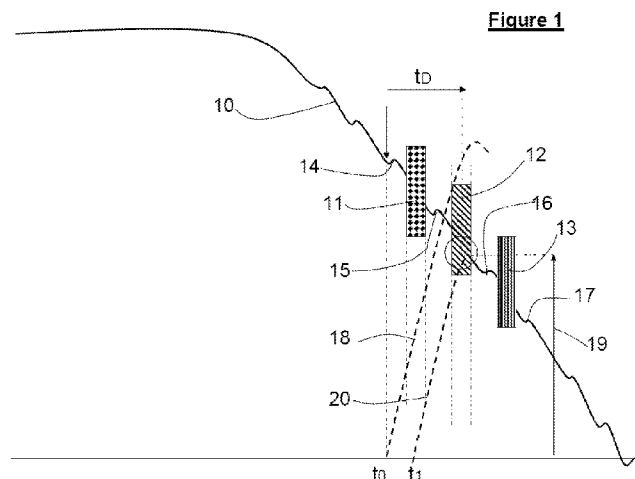
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR CONTROLLING THE STARTER OF A HEAT ENGINE INCLUDING A SYSTEM FOR AUTOMATICALLY STOPPING AND RESTARTING THE ENGINE

(54) Titre : PROCÉDE DE PILOTAGE DU DEMARREUR D'UN MOTEUR THERMIQUE EQUIPE D'UN SYSTEME D'ARRET ET DE REMISE EN ROUTE AUTOMATIQUE DU MOTEUR



(57) Abstract : The invention relates to a method for controlling the starter of a heat engine of a vehicle including a system for automatically stopping and restarting the engine. The starter comprises a pinion that can be rotated and subsequently engaged with the ring gear of the flywheel while powering an electric motor. The method comprises the following steps consisting in: determining a decreasing engine speed model, using test equipment; when the engine stops, using the model to predict the decreasing profile (10) of the engine speed; determining the target speed zones (11, 12, 13) in said profile, as a function of at least one criterion (e.g. between two top dead centres); selecting one (12) of the target speed zones; and powering the electric motor, the pinion being engaged in the ring gear when the speed reaches the selected target zone.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2012/107661 A2

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

---

L'invention concerne un procédé de pilotage du démarreur d'un moteur thermique d'un véhicule équipé d'un système d'arrêt et de remise en route automatique du moteur, le démarreur comprenant un pignon pouvant être mis en rotation puis engagé avec la couronne du volant moteur en alimentant un moteur électrique. Selon l'invention, on détermine au banc d'essais un modèle de décroissance de régime moteur, au début de l'arrêt du moteur, on prédit à partir dudit modèle le profil de décroissance (10) du régime moteur, on détermine dans ledit profil des zones cibles de régimes (11, 12, 13) en fonction d'au moins un critère (par exemple entre deux points morts hauts), on sélectionne l'une (12) desdites zones cibles de régimes, on alimente ledit moteur électrique, et le pignon est engagé dans ladite couronne lorsque son régime atteint la zone cible sélectionnée.

**PROCEDE DE PILOTAGE DU DEMARREUR D'UN MOTEUR  
THERMIQUE EQUIPE D'UN SYSTEME D'ARRET ET DE REMISE EN  
ROUTE AUTOMATIQUE DU MOTEUR**

La présente invention revendique la priorité de la demande française  
5 1151112 déposée le 11 février 2011 dont le contenu (texte, dessins et  
revendications) est ici incorporé par référence.

La présente invention concerne un procédé de pilotage du démarreur  
d'un véhicule automobile muni d'un système d'arrêt et de redémarrage  
automatique (désigné par "S&S" pour "Stop & Start") du moteur thermique du  
10 véhicule.

Avec un système S&S le conducteur doit pouvoir redémarrer le  
moteur thermique le plus rapidement possible dès qu'il le souhaite. Un  
démarreur comporte un pignon, lequel doit être engrené avec la couronne du  
volant moteur. L'engrenage n'est possible que lorsque les vitesses linéaires  
15 de la couronne et du pignon sont identiques (c'est-à-dire vitesses linéaires  
des dents de la couronne et des dents du pignon). En pratique, on attend  
que le moteur thermique ne tourne plus (arrêt complet). Pour un système  
S&S, cette solution n'est pas satisfaisante car le conducteur peut vouloir  
redémarrer le moteur rapidement, alors que le moteur n'est pas à l'arrêt. Il  
20 faudrait alors plusieurs secondes avant de pouvoir redémarrer.

Une solution consiste à utiliser un alerno-démarreur ou alternateur  
réversible. Dans ce cas, le moteur thermique est en connexion mécanique  
permanente avec l'alternateur puisque la poulie de l'alternateur est  
constamment reliée au volant moteur. Il n'y a donc pas la perte de temps  
25 correspondant à l'engagement du pignon démarreur sur la couronne du  
volant moteur. Cependant cette solution est plus onéreuse qu'un démarreur  
classique.

Un nouveau type de démarreur (appelé "démarreur à pré post  
engagement") a récemment été développé. Il permet de dissocier la phase  
30 de redémarrage en deux temps successifs:

- engagement du pignon du démarreur avec la couronne du volant moteur,  
puis

- mise en rotation du pignon en commandant la mise en marche d'un moteur électrique

L'engagement du pignon peut donc être dissocié de son entraînement, ce qui permet l'engagement du pignon à des régimes moteur et démarreur non nuls. Il est bien entendu nécessaire de synchroniser ces deux régimes (rendre égales les vitesses linéaires du pignon démarreur et de la couronne du volant moteur).

Des méthodes ont déjà été proposées pour synchroniser les vitesses de rotation de deux arbres dans le but de les coupler. Par exemple, la demande de brevet WO2009115387 A1 décrit un procédé de synchronisation de la vitesse du moteur thermique d'un véhicule hybride avec celle d'un moteur électrique dans le but de coupler les deux moteurs. Cependant cette méthode ne s'applique pas au pilotage d'un démarreur à pré post engagement.

La présente invention concerne le pilotage d'un démarreur de ce type. De façon plus précise, l'invention concerne un procédé de pilotage du démarreur d'un moteur thermique d'un véhicule équipé d'un système d'arrêt et de remise en route automatique du moteur, le démarreur comprenant un pignon pouvant être mis en rotation puis être engagé avec la couronne du volant moteur en alimentant un moteur électrique, le procédé étant caractérisé en ce que:

- au banc d'essais, on détermine un modèle de décroissance de régime moteur,
- au début de l'arrêt du moteur, on prédit à partir dudit modèle le profil de décroissance du régime moteur,
- on détermine dans ledit profil des zones cibles de régimes en fonction d'au moins un critère,
- on sélectionne l'une desdites zones cibles de régimes,
- on alimente ledit moteur électrique, et
- ledit pignon est engagé dans ladite couronne lorsque son régime atteint ladite zone cible sélectionnée.

Dans une variante, ledit critère est une décélération relativement constante du régime moteur. Par ailleurs, chacune desdites zones cibles de régimes peut être choisie entre deux points morts hauts successifs du moteur.

5 Dans une variante, afin de sélectionner l'une desdites zones cibles de régimes, on détermine le temps nécessaire au pignon du démarreur pour atteindre un régime sensiblement égale aux régimes de la première desdites zones cibles, et, si ce temps est suffisant, et que le redémarrage est requis,  
le moteur électrique du démarreur sera alimenté pour réaliser la  
10 synchronisation des régimes, le pignon est engagé dans la couronne; si ce temps est insuffisant, la zone cible de régimes suivantes est choisie pour l'engagement du pignon, et le moteur électrique du démarreur est alimenté après engagement dudit pignon.

Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, le moteur électrique  
15 du démarreur est systématiquement alimenté à chaque arrêt du moteur thermique (on lance en préventif la synchronisation du démarreur).

Selon un autre mode de mise en œuvre, on établit au banc d'essais au moins une cartographie concernant le régime atteint par le démarreur en fonction du temps d'alimentation du moteur électrique du démarreur pour  
20 différentes valeurs de la tension d'alimentation dudit moteur électrique et on détermine le temps nécessaire pour activer le démarreur pour atteindre le régime cible en fonction de ladite cartographie.

Selon un autre mode de mise en œuvre:

- le moteur électrique du démarreur est alimenté, puis l'alimentation est  
25 coupée, le régime démarreur étant alors en chute libre,
- la tension d'induit du démarreur est mesurée pendant la phase de chute libre,
- le régime du démarreur est déterminé en fonction de la valeur mesurée de ladite tension d'induit,
- 30 - on compare ledit régime du démarreur au régime moteur situé dans l'une desdites zones cibles, et

- on autorise l'engagement du pignon si les régimes démarreur et moteur sont sensiblement identiques,

De préférence, l'engagement du pignon n'est autorisé que si :

- les régimes du moteur et du démarreur sont en phase de décroissance,
- 5 - la différence entre le régime moteur et le régime démarreur est comprise entre 0 et 50 tours/min, le régime démarreur étant inférieur au régime moteur, et
- le régime moteur et le régime démarreur sont décroissants simultanément.

Selon un autre mode de mise en œuvre:

- 10 - lorsque le régime cible à atteindre est inférieur à une valeur prédéterminée, la puissance d'alimentation du moteur électrique du démarreur est diminuée, et
- lorsque le régime cible est supérieur à ladite valeur prédéterminée, le moteur électrique du démarreur est alimenté à pleine puissance.
- 15 Lorsque le régime cible à atteindre est inférieur à une valeur prédéterminée, le moteur électrique du démarreur est alimenté à travers une résistance électrique placée entre le démarreur et la source d'alimentation électrique du démarreur et, lorsque le régime cible à atteindre est inférieur à une valeur
- 20 d'alimentation électrique du démarreur, donc sans ladite résistance électrique.

Ladite valeur prédéterminée peut être sensiblement égale à 250 tours/min.

- Selon un autre mode de mise en œuvre, le moteur électrique du démarreur est alimenté à travers ladite résistance électrique pendant et
- 25 après l'engagement dudit pignon.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront au cours de la description qui suit de plusieurs modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés et sur lesquels :

- 30 - la figure 1 illustre l'étape de recherche des zones cibles de régimes,

- la figure 2 illustre un mode de réalisation selon lequel la synchronisation du démarreur est lancée en préventif à chaque arrêt du moteur thermique;

- la figure 3 montre les variations du régime démarreur en fonction du temps et pour différentes valeurs de la tension d'alimentation du démarreur,

- la figure 4 illustre un mode de réalisation de l'invention selon lequel les temps d'activation du démarreur pour atteindre des régimes cibles potentiels sont déterminés en fonction de la tension d'alimentation du démarreur;

- la figure 5 illustre un mode de réalisation selon lequel le régime démarreur est estimé en fonction de la tension d'induit du démarreur;

- les figures 6 et 7 illustrent un mode de réalisation selon lequel l'engagement du pignon démarreur avec la couronne du volant moteur est effectué lorsque le régime démarreur et le régime moteur sont décroissants, et

- la figure 8 illustre un mode réalisation faisant appel à une résistance électrique placée dans le circuit d'alimentation électrique du démarreur.

Les dessins annexés pourront non seulement servir à compléter l'invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

Le procédé de la présente invention met à profit le fait que pour un démarreur à pré post engagement d'un moteur thermique, il est possible, d'une part, de piloter le moteur électrique du démarreur sans engager le pignon du démarreur et, d'autre part, d'engager le pignon du démarreur dans la couronne du moteur thermique sans piloter le moteur électrique du démarreur. Cette particularité permet d'engager le pignon démarreur dans la couronne du volant moteur thermique, même si le régime moteur thermique n'est pas nul. Le moteur électrique du démarreur est alors piloté jusqu'à ce que son régime soit propice à l'engagement du pignon.

Selon une caractéristique du procédé on définit des zones cibles de régimes du moteur thermique qui sont propices à l'engagement. Sur la figure 1, le régime moteur 10 est décroissant en fonction du temps  $t$ , ce dernier étant en phase d'arrêt. Des zones cibles de régimes 11, 12, 13 sont 5 déterminées en fonction d'au moins un critère. En permanence pendant l'arrêt du moteur on détermine parmi les zones cibles, celle qui est le plus propice à l'engagement du pignon démarreur.

Selon l'invention, le profil du régime moteur en cours d'arrêt (représenté par la courbe 10) est modélisé de façon à prédire la forme de la 10 courbe 10 à partir de son début. On est alors capable de déterminer des zones cibles de régimes (portions de la courbe 10) pour lesquelles la décroissance du régime moteur est sensiblement constante. Ces zones sont de préférence situées entre deux points morts hauts successifs des pistons du moteur thermique. Ainsi, la zone 11 est située entre les deux points morts 15 hauts successifs 14 et 15, la zone 12 entre les deux points morts hauts successifs 15 et 16 et la zone 13 entre les deux points successifs 16 et 17.

Cependant encore faut-il que le temps nécessaire au démarreur pour atteindre la zone cible soit atteignable. Ainsi, si le moteur électrique du démarreur est alimenté au temps  $t_0$  et si le régime démarreur est représenté 20 par la courbe 18, on remarque que la première zone cible 11 n'est pas atteignable. On choisit alors la zone cible suivante 12, le temps  $t_D$  disponible pour atteindre la zone 12 étant suffisant pour que le régime démarreur atteigne le régime moteur cible. Une zone cible comportant plusieurs valeurs de régimes, on choisit le régime qui est sensiblement au centre de la zone 25 cible. Le régime cible à atteindre étant représenté par la flèche 19, on remarque que si le moteur électrique du démarreur est alimenté au temps  $t_1$ , la zone cible 12 sera atteinte par le démarreur, le régime démarreur étant représenté par la courbe 20. Selon le procédé de l'invention, on détermine donc en permanence la zone cible la plus proche atteignable en fonction du 30 temps nécessaire pour que le démarreur atteigne le régime correspondant à la zone cible sélectionnée. On remarque que l'on ne choisit pas la cible 13

car elle est plus éloignée que la cible 12 et le temps de remise en marche du moteur thermique serait plus long: on choisit la cible la plus proche atteignable par le régime démarreur. La cible 13 pourrait être utilisée ultérieurement si le conducteur manifestait l'intention de redémarrer après le  
5 temps  $t_1$ .

Pendant la période de temps précédant le temps  $t_0$ , on ne fait pas de synchronisation car le moteur est capable de redémarrer sans avoir recours au démarreur (il suffit de réinjecter du carburant dans les cylindres).

Les étapes qui précèdent peuvent être résumées de la façon  
10 suivante:

- prédiction de la courbe de décroissance du régime moteur à l'aide d'un modèle et du début de la courbe de décroissance du régime moteur;
- définition des zones cibles de régime moteur, pendant des périodes de décroissance constante du régime moteur, par exemple entre deux points  
15 mort hauts successifs;
- choix de la cible atteignable la plus proche en fonction du temps mis par le démarreur pour atteindre le régime cible situé sensiblement au centre de ladite zone cible;
- alimentation du moteur électrique du démarreur et engagement du pignon  
20 démarreur avec le volant moteur lorsque le régime démarreur atteint le régime cible.

La figure 2 illustre un mode de mise en œuvre du procédé selon lequel on lance la synchronisation du démarreur en préventif, à chaque arrêt moteur. En d'autres termes, chaque fois que l'on commande l'arrêt du moteur  
25 thermique, on lance le démarreur et sa synchronisation avec le régime moteur. Sur la figure 2 sont représentés le profil 10 de décroissance de régime moteur avec les régimes cibles 11, 12 et 13. Dès la commande d'arrêt du moteur au temps  $t_2$ , le moteur électrique du démarreur est alimenté. La montée en régime du démarreur est représentée par la courbe  
30 21. On remarque que la première zone cible 11 est atteignable puisque le

démarreur a suffisamment de temps pour monter en régime et atteindre la zone cible 11. Ce mode de réalisation permet donc d'atteindre des zones cibles plus rapidement et donc de répondre aux sollicitations du conducteur avec un délai plus court.

5            Selon un autre mode de mise en œuvre du procédé, l'instant où on commande l'alimentation du moteur électrique du démarreur est déterminé à partir d'une cartographie 30 permettant de connaître le temps d'activation du démarreur nécessaire pour atteindre le régime cible choisi et en fonction notamment de la tension d'alimentation (généralement tension de la batterie)  
10 du moteur électrique du démarreur. Le démarreur est caractérisé au banc d'essais: pour chaque temps d'activation, on détermine le régime atteint en fonction de la tension d'alimentation du démarreur. La figure 3 représente le régime du démarreur rpm en fonction du temps t, pour différentes valeurs de la tension d'alimentation ( $U = 12V, 13V$  et  $14V$ ). On remarque que le régime  
15 démarreur atteint croît avec la tension d'alimentation  $U$ .

La figure 4 est une figure en trois dimensions, illustrant la cartographie 30, permettant de connaître le temps nécessaire au démarreur pour atteindre un régime cible, en fonction de la tension de la batterie. Les courbes 40, 41 et 42 représentent les régimes atteints par le démarreur pour des tensions de  
20 batterie  $U$  respectivement de  $12V, 13V$  et  $14V$ . L'axe 43 représente le régime atteint (rpm), l'axe 44 représente la tension  $U$  de la batterie et les flèches 45, 46 et 47 représentent les temps nécessaires au démarreur pour atteindre un régime cible, 48 sur la figure 4. Par exemple, la cartographie permet de déterminer que pour atteindre un régime cible de par exemple 200 tours/min  
25 avec une tension d'alimentation du démarreur de 13 Volts (toujours par exemple) il faudrait 55 msec au démarreur pour atteindre ce régime cible.

Les données de cette cartographie sont mémorisées dans le contrôleur moteur qui régit le fonctionnement du moteur thermique.

Le pilotage temporel proposé par ce mode de mise en œuvre, est plus  
30 précis que le pilotage en régime car la comparaison du régime moteur avec

le régime démarreur en instantané est difficile du fait de la dynamique rapide du régime démarreur. De plus, le pilotage temporel permet de s'affranchir d'un capteur de régime supplémentaire (capteur de régime démarreur).

Le mode de mise en œuvre illustré par les figures 3 et 4 est un pilotage en aveugle en ce sens que l'on ne mesure pas le régime du démarreur. Le mode de mise en œuvre illustré par la figure 5 permet de s'affranchir de cet inconvénient et de connaître le régime du démarreur par rapport au régime moteur pour autoriser ou non l'engagement du pignon du démarreur avec la couronne du volant moteur.

10 Selon ce mode de réalisation de l'invention, la force électromotrice du démarreur  $E$  est corrélée avec le régime démarreur selon une relation du type:

$$E = K \cdot \Omega$$

-  $K$  est une constante, et

15 -  $\Omega$  la vitesse angulaire (en rad/s) du rotor du moteur électrique du démarreur.

La force électromotrice  $E$  est liée à la tension d'induit  $U_i$  par la relation suivante:

$$E = U_i + R_i \cdot I_i$$

20 dans laquelle  $R_i$  est la résistance d'induit et  $I_i$  le courant d'induit.

En cessant d'alimenter le moteur électrique du démarreur, celui-ci fonctionne "en chute libre" c'est-à-dire que le démarreur continue à tourner sur sa lancée (par inertie) et le régime démarreur décroît. Dans ce cas, le courant d'induit  $I_i$  est très faible et on peut négliger le terme  $R_i \cdot I_i$  devant  $U_i$ . On obtient  
25 alors la relation :

$$E = U_i$$

La tension d'induit  $U_i$  peut alors s'écrire sous la forme:

$$U_i = K \cdot \Omega$$

ou

$$U_i = K \cdot 2\pi \cdot \text{régime démarreur} / 60$$

La tension d'induit  $U_i$  est donc l'image du régime démarreur en chute libre après activation. En mesurant la tension d'induit  $U_i$  on peut ainsi déterminer

5 le régime démarreur, à condition de connaître la valeur de la constante  $K$ . Cette dernière peut être obtenue en privilégiant une zone où le pignon est engagé avec la couronne du volant moteur et où la compression moteur est importante: dans ce cas, en effet, on évite la perturbation liée à la roue libre

10 du pignon démarreur et le régime démarreur est alors équivalent au régime moteur. En cessant d'alimenter le moteur électrique du démarreur (pour être en mode de fonctionnement "chute libre") pour que le terme  $R_i \cdot I_i$  soit négligeable devant la tension d'induit, on obtient:

$$K = 60 \cdot U_i / (2\pi \cdot \text{régime moteur})$$

La mesure du régime moteur (ce qui est réalisée en permanence sur les

15 véhicules actuels ) permet donc de connaître la valeur de la constante  $K$ .

La figure 5 est une vérification expérimentale de la théorie qui indique que la tension d'induit  $U_i$  est l'image du régime démarreur en chute libre. Sur cette figure, après activation du démarreur la courbe 50 (en pointillés) représente le régime démarreur rpm en fonction du temps  $t$  (en

20 ms), le régime démarreur étant estimé à partir de la mesure de la tension d'induit  $U_i$ , et la courbe 51 (en traits et pointillés) représente le régime démarreur mesuré (régime réel) à l'aide d'un capteur. Le moteur électrique du démarreur est alimenté jusqu'au temps 52, puis l'alimentation est coupée, le démarreur continuant à fonctionner en chute libre. On remarque que tant

25 que le démarreur est alimenté, c'est-à-dire jusqu'au temps 52, le régime estimé du démarreur n'est pas égal au régime réel, mais qu'à partir de ce temps 52 le régime estimé est égal au régime réel. Le régime démarreur peut alors être simplement déterminé, à partir de la tension d'induit  $U_i$ , en alimentant le démarreur puis en coupant l'alimentation et en mesurant alors

la tension d'induit lorsque le démarreur fonctionne en chute libre, dans la zone de temps commençant au temps 52.

Connaissant le régime moteur (en le mesurant avec un capteur) et le régime démarreur (par la mesure de la tension d'induit  $U_i$ ), on compare les valeurs des deux régimes et lorsqu'ils sont égaux et que le régime moteur se trouve dans une zone de régimes cibles, on peut alors engager le pignon démarreur avec la couronne du volant moteur.

La figure 6 illustre une tentative d'engagement en accélération, c'est-à-dire que l'on essaie d'engager le pignon démarreur alors que le régime démarreur 60 est en forte croissance. Le régime moteur est représenté par la courbe 61 et la zone cible est représentée par la référence 62, entre deux points morts hauts 63 et 64. La commande d'engagement du pignon est donnée au temps 65, le temps minimum d'engagement est indiqué par 66 et le temps maximum d'engagement par 67. Afin d'éviter des contraintes mécaniques trop importantes sur le démarreur, il est intéressant de commander l'engagement du pignon que si le régime démarreur est inférieur au régime moteur. La zone cible 62 se réduit alors à la partie 68 comprise entre le temps 66 et le temps 69 pour lequel le régime démarreur devient supérieur au régime moteur. La partie 70 de la zone de régimes cibles 62 n'est alors plus recommandée pour l'engagement du démarreur, ce qui réduit considérablement la zone cible utile à la zone 68.

Le mode de mise en œuvre illustré sur la figure 7 permet de disposer d'une zone cible plus longue en n'engageant le démarreur que si les critères suivants sont respectés:

- 25 - la différence de régime entre le démarreur et le moteur doit être comprise dans une plage prédéterminée, par exemple entre 0 et 50 tours/min;
- le régime démarreur doit toujours être inférieur au régime moteur (afin d'éviter des contraintes mécaniques trop importantes sur le démarreur), et
- les deux régimes moteur et démarreur doivent décroître simultanément.

Sur la figure 7, le régime moteur 71 et le régime démarreur 72 décroissent simultanément, la zone cible 73 est plus longue que dans l'exemple de la figure 6 et on dispose donc de plus de temps pour réaliser l'engagement du pignon démarreur. La commande d'alimentation du démarreur est donnée au temps 74 et l'engagement démarreur peut être réalisé pendant l'intervalle de temps compris entre 75 et 76.

Au lancement du démarreur, donc à faible régime démarreur, la vitesse de rotation du pignon croit très rapidement (on a une forte accélération). C'est ce que l'on peut remarquer au début de la courbe 80 de la figure 8 qui représente le régime démarreur (rpm) en fonction du temps  $t$ , en alimentant normalement le démarreur, c'est-à-dire en appliquant la tension de la batterie directement aux bornes du moteur électrique du démarreur. Il est difficile de piloter avec précision le démarreur pendant la phase de bas régime puisqu'une faible variation de temps entraîne une grande différence de régimes.

Le mode de mise en œuvre illustré par la figure 8 propose deux modes de pilotage du démarreur selon le régime cible que l'on veut atteindre: d'une part, pour les régimes supérieurs à un seuil prédéterminé (par exemple 250 tours/min), le démarreur est alimenté à pleine puissance, la tension de la batterie étant appliquée au démarreur et, d'autre part, pour les régimes inférieurs audit seuil prédéterminé, la tension d'alimentation du démarreur est inférieure à la tension de la batterie. Pour ce faire, une résistance électrique (un "shunt") est introduite dans le circuit d'alimentation du démarreur. La montée en régime du démarreur est alors plus lente et donc mieux contrôlable. C'est ce que montre la courbe 81 de la figure 8. Sur cette figure, la courbe 80 correspond à une activation maximale du démarreur alors que la courbe 81 correspond à une activation réduite. On remarque que, pour atteindre un régime déterminé, 82 sur la figure, il faut un temps  $t_1$  en activation maximale du démarreur (courbe 80) alors qu'il faut un temps  $t_2$  beaucoup plus long avec une activation réduite du démarreur (courbe 81). Pour cette dernière, l'appel de courant est limité ce qui permet de piloter plus

finement le démarreur surtout pour les régimes cibles faibles, aux alentours par exemple de 150 tours/min. En d'autres termes, l'introduction d'un shunt dans le circuit d'alimentation du démarreur dilate l'échelle du temps  $t$  ce qui permet de mieux piloter le démarreur et donc de mieux cibler le régime à  
5 atteindre.

Selon un autre mode de mise en œuvre, la phase d'engagement du pignon démarreur dans la couronne du volant moteur est effectuée en alimentant le démarreur à travers la résistance électrique (le "shunt") Cette façon de procéder favorise une approche en douceur du pignon vers la  
10 couronne. Ainsi en imposant moins de couple au pignon, l'engagement est mieux contrôlé. De plus, lorsque le conducteur change de décision, par exemple, s'il a manifesté le désir d'arrêter le véhicule puis désire le remettre en marche et si l'engagement du pignon est déjà en cours, le pignon peut alors être désengagé en douceur, donc aisément.

15 D'autres modes de réalisation que ceux décrits et représentés peuvent être conçus par l'homme du métier sans sortir du cadre de la présente invention.

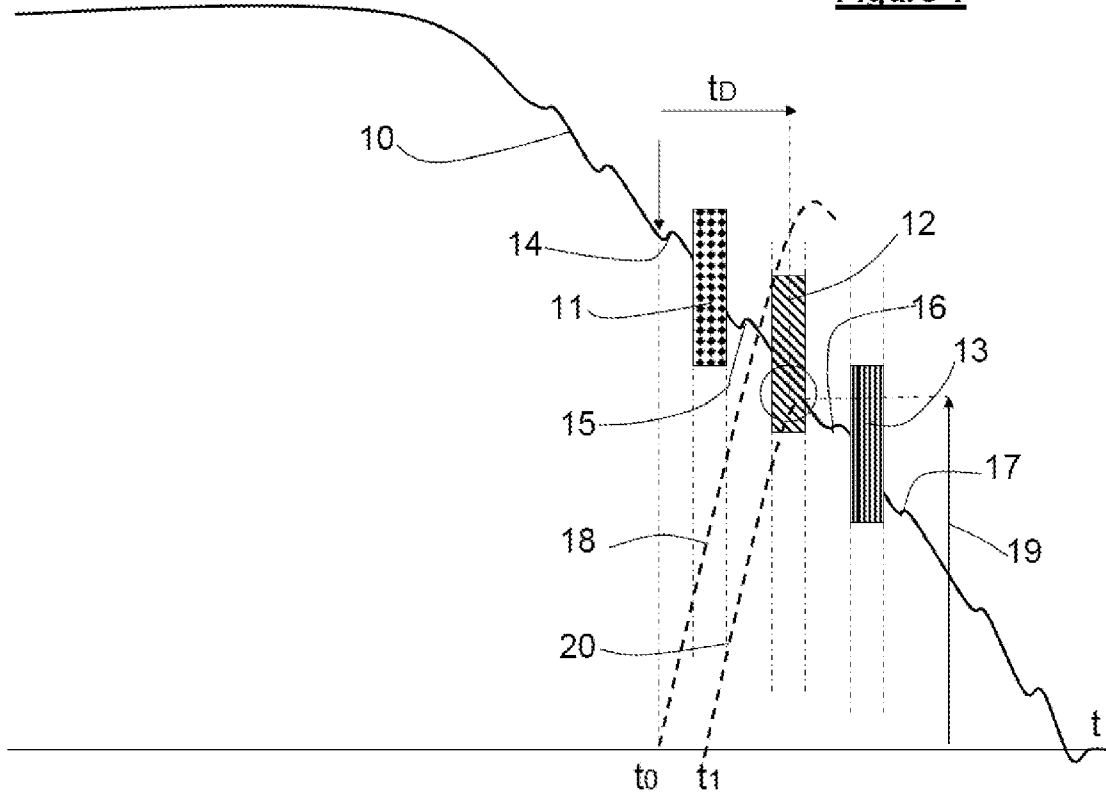
## REVENDICATIONS

1. Procédé de pilotage du démarreur d'un moteur thermique d'un véhicule équipé d'un système d'arrêt et de remise en route automatique du moteur, le démarreur comprenant un pignon pouvant être mis en rotation puis engagé avec la couronne du volant moteur en alimentant un moteur électrique, le procédé étant caractérisé en ce que:
  - 5 - au banc d'essais, on détermine un modèle de décroissance de régime moteur,
  - au début de l'arrêt du moteur, on prédit à partir dudit modèle le profil de décroissance (10) du régime moteur,
  - 10 - on détermine dans ledit profil des zones cibles de régimes (11, 12, 13) en fonction d'au moins un critère, ledit au moins un critère incluant une décélération relativement constante du régime moteur,
  - on sélectionne l'une (12) desdites zones cibles de régimes,
  - 15 - on alimente ledit moteur électrique, et
  - ledit pignon est engagé dans ladite couronne lorsque son régime atteint ladite zone cible sélectionnée.
2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que chacune desdites zones cibles de régimes est choisie entre deux points morts hauts successifs (14, 15, 16, 17) du moteur.
- 20 3. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que, pour sélectionner l'une desdites zones cibles de régimes (11, 12, 13), on détermine le temps nécessaire audit pignon du démarreur pour atteindre un régime sensiblement égale aux régimes cibles de la première (11) desdites zones, et:
  - 25 - si ce temps est suffisant, et que le redémarrage est requis, le moteur électrique du démarreur sera alimenté pour réaliser la synchronisation des régimes, ledit pignon est engagé dans ladite couronne,
  - 30 - si ce temps est insuffisant, la zone de régimes cibles suivante (12) est choisie pour l'engagement du pignon, et

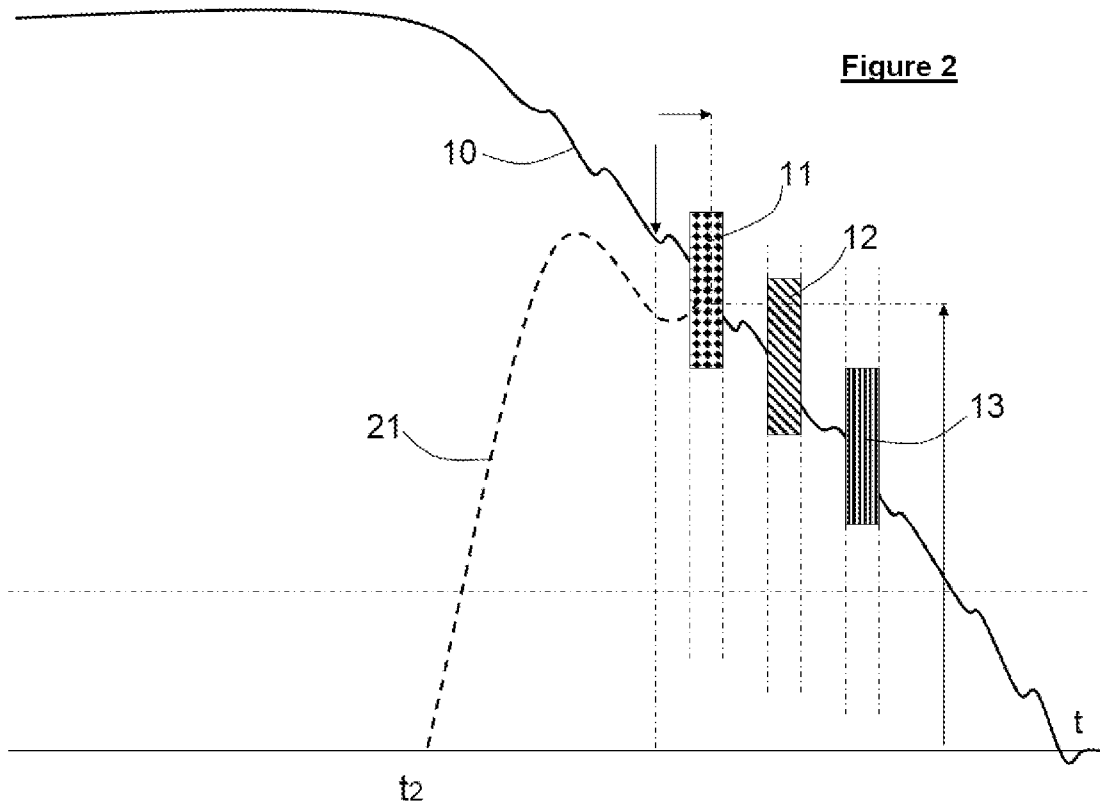
- le moteur électrique du démarreur est alimenté après engagement dudit pignon.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le moteur électrique du démarreur est systématiquement alimenté
- 5 (21) à chaque arrêt du moteur thermique de façon à lancer en préventif la synchronisation du démarreur.
5. Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'on établit au banc d'essais au moins une cartographie (30) concernant le régime (rpm) atteint par le démarreur en fonction du temps (t) d'alimentation du
- 10 moteur électrique du démarreur pour différentes valeurs de la tension d'alimentation (U) dudit moteur électrique et en ce qu'on détermine le temps nécessaire (45, 46, 47) pour activer le démarreur pour atteindre le régime cible en fonction de ladite cartographie (30).
6. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que:
- 15 - le moteur électrique du démarreur est alimenté, puis l'alimentation est coupée (52), le régime démarreur étant alors en chute libre,
- la tension d'induit  $U_i$  du démarreur est mesurée pendant la phase de chute libre, et
  - le régime du démarreur est déterminé en fonction de la valeur
- 20 mesurée de ladite tension d'induit,
- on compare ledit régime du démarreur au régime moteur situé dans l'une desdites zones cibles, et
  - on autorise l'engagement dudit pignon si les régimes démarreur et
- 25 7. Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce que l'engagement dudit pignon n'est autorisé que si :
- lesdits régimes du moteur (71) et du démarreur (72) sont en phase de décroissance,
  - la différence entre le régime moteur (71) et le régime démarreur (72)
- 30 est comprise entre 0 et 50 tours/min, le régime démarreur étant inférieur au régime moteur, et

- le régime moteur et le régime démarreur sont décroissants simultanément.
- 8.** Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que
- 5 - lorsque le régime cible à atteindre est inférieur à une valeur prédéterminée, la puissance d'alimentation du moteur électrique du démarreur est diminuée (81), et
- lorsque le régime cible est supérieur à ladite valeur prédéterminée, ledit moteur électrique du démarreur est alimenté à pleine puissance
- 10 (80).
- 9.** Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que, lorsque le régime cible à atteindre est inférieur à une valeur prédéterminée, ledit moteur électrique du démarreur est alimenté à travers une résistance électrique placée entre le démarreur et la source d'alimentation
- 15 électrique du démarreur et, lorsque le régime cible à atteindre est inférieur à une valeur prédéterminée, ledit moteur électrique est alimenté directement par la source d'alimentation électrique du démarreur, donc sans ladite résistance électrique.
- 10.** Procédé selon l'une des revendications 8 et 9 caractérisé en ce que
- 20 ladite valeur prédéterminée est sensiblement égale à 250 tours/min.
- 11.** Procédé selon l'une des revendications 9 et 10 caractérisé en ce que le moteur électrique du démarreur est alimenté à travers ladite résistance électrique pendant et après l'engagement dudit pignon.

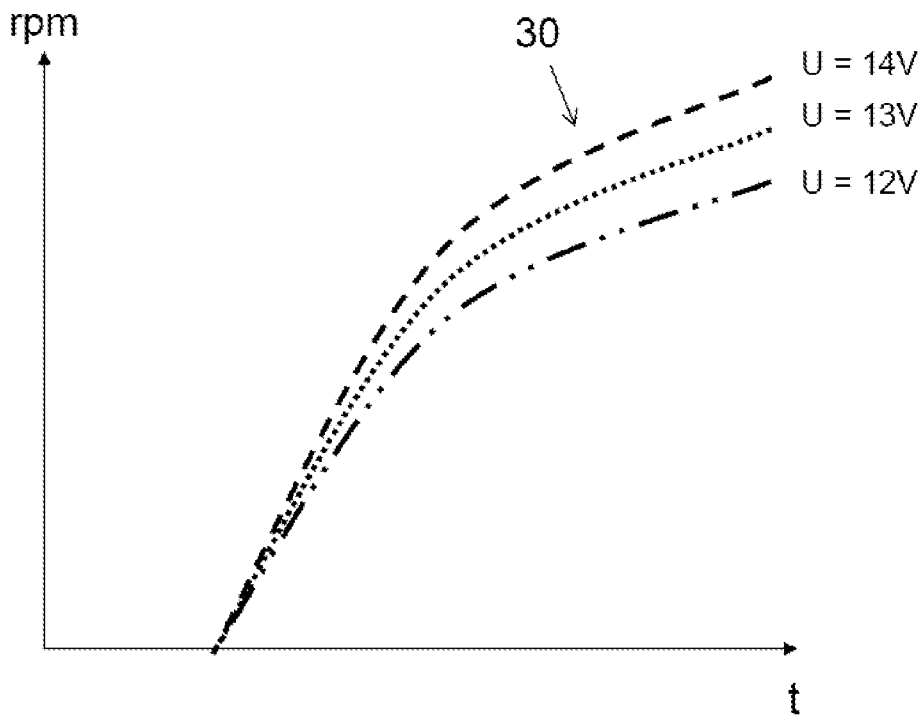
**Figure 1**



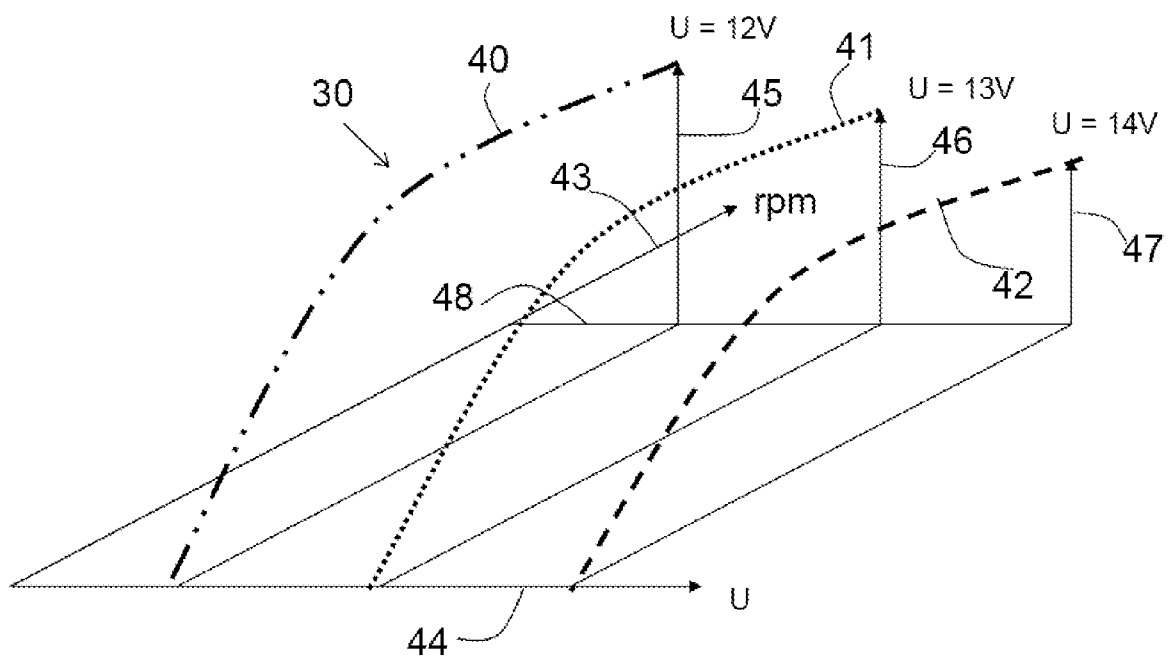
**Figure 2**



**Figure 3**



**Figure 4**



**Figure 5**

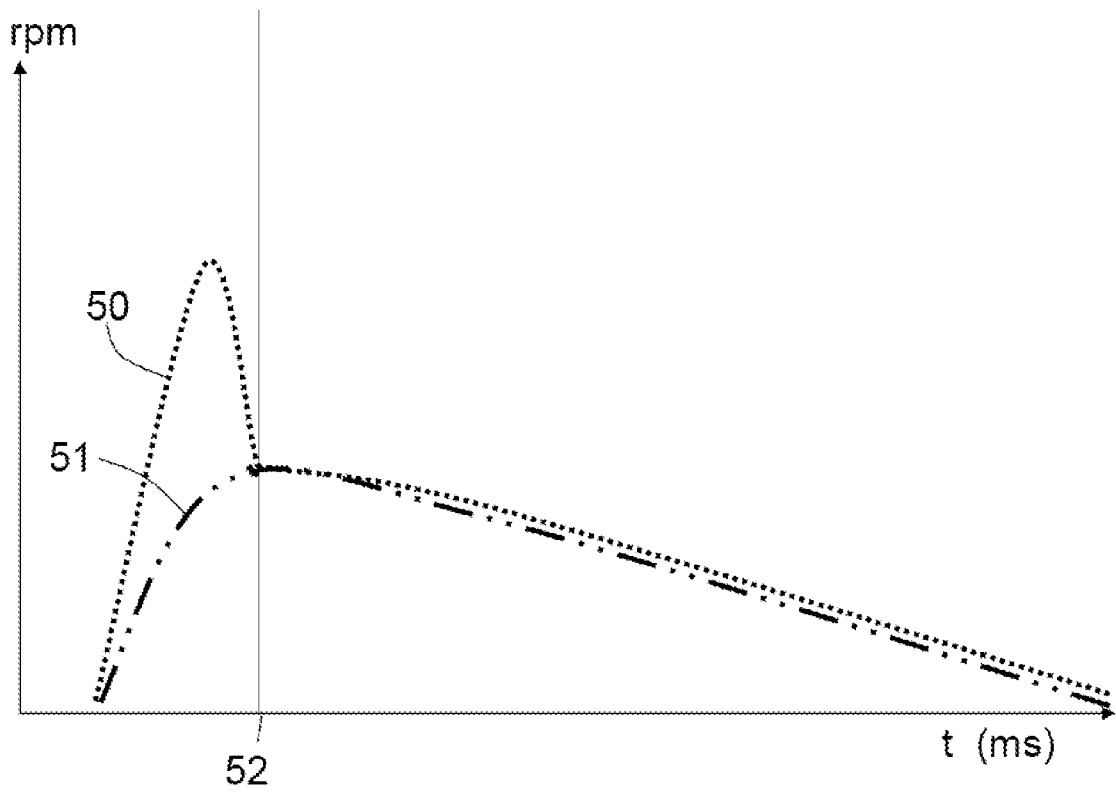


Figure 6

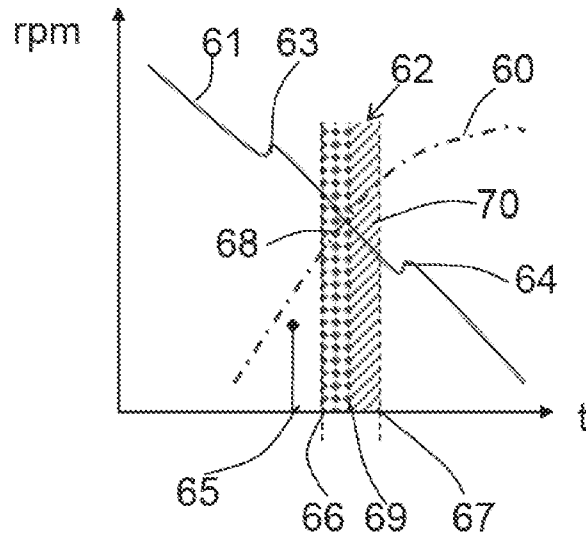
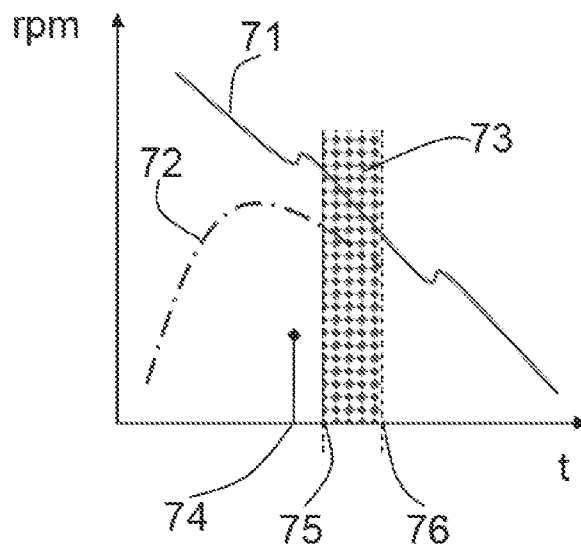


Figure 7



**Figure 8**

