(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **3 003 308**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **14 51990**

(51) Int Cl[8] : ***F 02 N 11/08*** *(2013.01), H 02 P 1/52*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 11.03.14.

(30) **Priorité :** 12.03.13 DE 102013204200.0.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 19.09.14 Bulletin 14/38.

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

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

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

(72) **Inventeur(s) :** JAROS ROLF, POERTNER NIKOLAS, REUTER AXEL et TROFIMOV ALEXANDER.

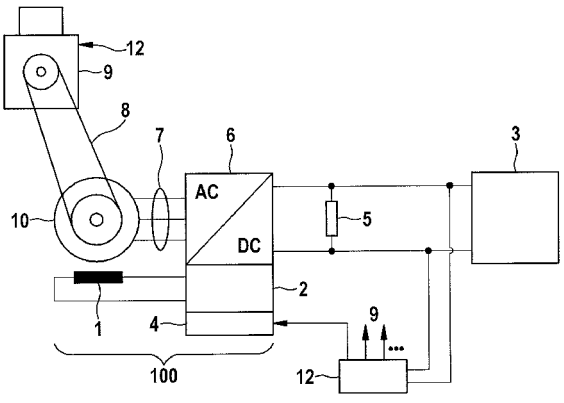
(73) **Titulaire(s) :** ROBERT BOSCH GMBH.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET HERRBURGER.

(54) MACHINE ELECTRIQUE DE VEHICULE AUTOMOBILE COMPORTANT UNE ENTREE DE SIGNAL DE VITESSE DE ROTATION.

(57) Procédé de gestion d'une machine électrique (100) couplée à un moteur thermique (9) dans un véhicule automobile. La machine électrique comporte un bobinage de stator (10), un bobinage de rotor (1), un régulateur de champ (2) associés au bobinage de rotor (2) ainsi qu'un redresseur (6) en aval du bobinage de stator (10) avec des éléments de commutation commandés.

Pendant la phase de démarrage du moteur thermique (9) on fait fonctionner la machine électrique (100) comme moteur selon les indications d'un signal de prédéfinition de vitesse de rotation.



FR 3 003 308 - A1

Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte à un procédé de gestion d'une machine électrique couplée à un moteur thermique de véhicule automobile, ainsi qu'à une unité de calcul et une machine électrique pour sa mise en œuvre.

Etat de la technique

Les machines électriques de véhicules automobiles sont connues de longue date sous la forme de démarreurs de moteur et d'alternateur ou de générateurs. Les générateurs ou alternateurs des véhicules actuels sont des alternateurs à griffes polaires avec excitation électrique. Pour le redressement du courant alternatif ainsi généré, on utilise des redresseurs à base de diodes semi-conductrices.

Du fait de l'augmentation croissante du besoin en énergie électrique dans les véhicules, la tendance à réduire la consommation en carburant et réduire les émissions ainsi que pour répondre au souhait de combiner les avantages d'un moteur électrique à ceux d'un moteur thermique, on utilise les machines électriques à double fonction à savoir des démarreurs-générateurs.

Les démarreurs-générateurs (en abrégé machines SG) sont des machines électriques qui fonctionnent dans le véhicule selon les nécessités, comme moteur électrique ou comme générateur. Comme générateur ces appareils doivent assurer toutes les fonctions exercées habituellement par le générateur, à savoir l'alimentation électrique du réseau embarqué et la recharge de la batterie du véhicule. Comme moteur électrique, ces appareils doivent, au démarrage du moteur thermique, faire tourner le vilebrequin à la vitesse de rotation de démarrage requise, aussi rapidement que possible.

L'utilisation des démarreurs-générateurs n'est toutefois pas limitée aux fonctions évoquées. Pour les plus grandes puissances nominales, un générateur-démarreur en mode moteur peut assister le lancement du moteur thermique, par exemple pour accélérer en mode d'amplification et pour compenser le trou du turbo. Au freinage, le mode générateur d'un tel générateur-démarreur peut récupérer une partie de l'énergie de freinage (mode dynamique). Des entraînements appropriés

sont appelés entraînement hybrides ou des systèmes avec récupération d'amplification (système RBS).

Or, il est souhaitable d'améliorer la phase de démarrage des moteurs thermiques équipés de telles machines électriques.

Exposé et avantages de l'invention

A cet effet, l'invention développe un procédé de gestion d'une machine électrique couplée à un moteur thermique dans un véhicule automobile dont la machine électrique comporte un bobinage de stator, un bobinage de rotor, un régulateur de champ associés au bobinage de rotor ainsi qu'un redresseur en aval du bobinage de stator avec des éléments de commutation commandés et pendant la phase de démarrage du moteur thermique, on fait fonctionner la machine électrique comme moteur selon les indications d'un signal de prédéfinition de vitesse de rotation.

L'invention permet de faire fonctionner une machine électrique usuelle (notamment une machine à griffes polaires) pour améliorer le démarrage du moteur thermique. La machine électrique est notamment un démarreur-générateur (par exemple un démarreur-générateur entraîné par courroie, encore appelée « machine SRG) ou la machine électrique d'une machine de récupération et d'amplification BRS (une telle machine est également appelée « machine BRM »). La machine électrique fonctionne en mode moteur selon l'indication fournie par le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation pendant la phase de démarrage du moteur thermique. Il en résulte d'une part une augmentation du couple de démarrage utile. La phase de démarrage devient plus confortable (par exemple une réduction des vibrations) et accélère. D'autre part, cela stabilise la vitesse de rotation du moteur thermique et réduit ainsi les émissions. En particulier, la phase KAT après le démarrage du moteur thermique sera accélérée car le mode de fonctionnement du moteur thermique pourra être ainsi optimisé totalement puisque les irrégularités de vitesse de rotation produites par le chauffage sont relativement faibles, même pour un moteur thermique.

La gestion du moteur électrique pendant la phase de démarrage du moteur thermique permet, par la traction du moteur thermique, d'évacuer l'air de la tubulure d'admission jusqu'à un

remplissage souhaité pour l'allumage. Le remplissage peut se faire en tenant compte de certains points tel que par exemple le démarrage optimisé du point de vue de l'émission par des combustions optimisées du point de vue de l'émission, un démarrage de confort par une différence minimale entre les couples et mise en action de la combustion et ainsi réduction au minimum des secousses, réduction du temps de démarrage, et faible développement de bruit pour l'application de l'invention.

L'invention est particulièrement avantageuse dans le cas de machines électriques simples (notamment SG ou BRM) pour démarrer, assister électriquement une conduite à moteur thermique pour conduire en mode électrique et sans allumage, pour la récupération et/ou pour générer du courant qui dans le cadre de l'invention est élargi par des fonctionnalités avantageuses de la gestion.

Le signal de prédéfinition de consigne de la vitesse de rotation comprend, selon un développement, un signal de vitesse de rotation de consigne et la machine électrique fonctionne en mode moteur et atteint la vitesse de rotation de consigne et ensuite en mode de régulation de vitesse de rotation, la vitesse de rotation réelle de la machine électrique est asservie sur la vitesse de rotation de consigne (et ainsi le moteur thermique). Il convient de signaler, pour être complet, qu'en mode de régulation de la vitesse de rotation, la machine électrique peut fonctionner comme moteur (si la vitesse de rotation doit augmenter) ou comme générateur (si la vitesse de rotation doit diminuer). Cela se traduit par une stabilisation de la vitesse de rotation du moteur thermique pendant la phase de démarrage et à la suite de celle-ci. Les vibrations sont réduites. La stabilisation de la vitesse de rotation permet le fonctionnement du moteur thermique à des points de fonctionnement qui ne seraient pas accessibles sans stabilisation de la vitesse de rotation et en particulier on peut avoir des points de fonctionnement avec une émission réduite. Selon un autre développement avantageux, la machine électrique, après le lancement et jusqu'à atteindre la vitesse de rotation de consigne, suit une courbe de vitesse de rotation prédéfinie ou une courbe de couple prédéfinie (voir plus bas).

Selon un autre développement préférentiel, le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation comprend un signal de seuil infé-

rieur de vitesse de rotation et la machine électrique, lorsqu'elle atteint ou dépasse le seuil inférieur de vitesse de rotation, entraîne le moteur thermique. Cela permet notamment d'utiliser la machine électrique avec un démarreur classique tel qu'un démarreur à pignon (pour un démarrage combiné), ce qui augmente le couple de démarrage utile. On peut en outre prévoir de façon avantageuse qu'après le lancement, c'est-à-dire après avoir atteint ou dépassé le seuil inférieur de vitesse de rotation) la machine électrique, suit une courbe prédéfinie de vitesse de rotation ou de couple (des explications plus détaillées seront données ensuite). Selon ce développement, l'appareil de gestion du moteur (l'appareil ECU) active tout d'abord le démarreur classique et transmet le seuil inférieur de vitesse de rotation à la machine électrique. Dès que le seuil inférieur de vitesse de rotation est atteint, la machine électrique passe en mode moteur et entraîne également le moteur thermique. De façon préférentielle, l'activation de la machine électrique se fait en tenant compte des temps de latence qui sont générés par les retards des chemins de transmission de signaux et de communication (par exemple les temps de parcours du bus CAN, les retards de commutation des relais) de sorte que le lancement de la machine électrique se fera à l'instant souhaité, et/ou après détection de l'engrènement, par exemple par la saisie de la vitesse de rotation, de l'intensité et/ou de la tension d'un démarreur à pignon comme démarreur classique.

Le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation comprend, selon un autre développement préférentiel, un signal de sélection et la machine électrique suit, selon le signal de sélection, l'un des différents tracés prédéfinis de vitesse de rotation (vitesse de rotation en fonction du temps) ou des courbes de couple (couple en fonction de la vitesse de rotation, couple en fonction du temps). De façon préférentielle, on peut choisir entre plusieurs tracés ou courbes de sorte que par exemple on pourra choisir entre un démarrage rapide (durée de démarrage brève, plus de vibrations et de bruit) ou un démarrage confortable (durée de démarrage plus longue, moins de vibrations et de bruit). Les tracés ou courbes sont de préférence mémorisés dans l'unité de calcul de la machine électrique et peuvent y être sélectionnés.

De façon avantageuse pour la sélection de la courbe, on tient compte d'une ou plusieurs conditions aux limites, notamment les vibrations autorisées pour le moteur thermique au démarrage par rapport à la durée de démarrage, le confort souhaité (bruit, vibrations) par rapport à la durée de démarrage, la température du moteur thermique (démarrage à froid, démarrage à chaud, démarrage combiné avec un démarreur à pignon). Comme le couple de démarrage nécessaire au moteur thermique augmente avec la diminution de la température à cause du frottement plus élevé généré par exemple par une plus forte viscosité de l'huile du moteur. Les démarrages combinés sont importants notamment pour les températures froides, pour maintenir la possibilité de démarrer (le démarrage combiné utilise une machine électrique et les pignons en prise pour le démarrage). Mais pour des grands moteurs (pour une cylindrée supérieure à 2 l) il peut arriver que le couple de démarrage de la machine électrique ne soit pas suffisant et qu'il serait nécessaire d'avoir l'assistance par le démarreur à pignon.

Le signal prédéfini la vitesse de rotation comprend, selon un autre développement avantageux, un signal de démarrage et la machine électrique, après réception du signal de démarrage, lance le moteur thermique. La machine électrique peut ainsi suivre une courbe prédéfinie de vitesse de rotation ou de couple ou sélectionnée par un signal de sélection.

Il convient de remarquer pour être complet, que le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation peut se composer d'un ou plusieurs des signaux décrits ci-dessus.

De façon préférentielle, les fonctions selon l'invention lancées par le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation ainsi que les autres fonctionnements de la machine électrique peuvent être, si nécessaire, interrompus par la commande principale (par exemple l'appareil de gestion du moteur).

De façon préférentielle, le mode de régulation de la vitesse de rotation de la machine électrique se terminera seulement lorsque la vitesse de rotation du moteur thermique atteint un seuil de stabilité de vitesse de rotation, c'est-à-dire lorsque le moteur thermique tourne suffisamment régulièrement.

A titre d'exemple, une variation de la vitesse de rotation (par exemple à cause d'un défaut de régulation de la vitesse de rotation) après le démarrage (c'est-à-dire lors de la libération de l'injection et de l'allumage) pourra être exploitée et le mode de régulation de vitesse de rotation de la machine électrique ne s'arrêtera que lorsque la variation de la vitesse de rotation sera inférieure à un seuil de variation de vitesse de rotation. Par exemple après le démarrage on peut avoir une phase de chauffage KAT. Dans cette phase, le moteur thermique fonctionne pour obtenir une veine de gaz d'échappement aussi chaude que possible. Mais cette solution a toutefois une influence négative sur la stabilité de la vitesse de rotation et se traduit par un comportement de rotation irrégulier du moteur thermique. La stabilisation de la vitesse de rotation par la machine électrique permet d'y remédier selon l'invention. Grâce à la stabilisation de la vitesse de rotation on peut optimiser le fonctionnement du moteur thermique, complètement sur une température élevée des gaz d'échappement.

Une unité de calcul selon l'invention, par exemple un appareil de commande d'une machine électrique, est conçu en technique de programmation pour appliquer le procédé de l'invention. De façon préférentielle, l'unité de calcul constitue une unité ou un module équipé d'une machine électrique pour former globalement une machine électrique « intelligente ».

Egalement l'implémentation du procédé sous la forme de programme est une solution avantageuse car elle occasionne des coûts particulièrement réduits notamment si l'on utilise l'appareil de commande existant pour exécuter d'autres fonctions. Des supports de données appropriés pour le programme d'ordinateur sont notamment des disquettes, des disques durs, des mémoires flash, des mémoires EEPROM, des CD-ROM, des DVD entre-autres. On peut également envisager de télécharger un programme par un réseau d'ordinateurs (Internet, Intranet ou autres).

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'exemples de réalisation représentés schématiquement dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre un réseau embarqué équipé d'une unité d'alimentation en énergie selon un mode de réalisation de l'invention et/ou fonctionnant selon l'invention,
- la figure 2 montre trois exemples de courbe de couple en fonction de la vitesse de rotation selon un développement de l'invention,
- la figure 3 montre trois courbes de vitesse de rotation données à titre d'exemple, en fonction du temps et qui peuvent être choisies selon un développement de l'invention.

Description de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 montre un réseau embarqué d'un véhicule automobile équipé d'une machine électrique 100 selon un mode de réalisation de l'invention et/ou fonctionnant selon le procédé de l'invention. La machine électrique 100 est par exemple une machine synchrone à excitation extérieure, par exemple à griffes polaires.

La machine électrique est reliée dans le sens de la transmission du couple par des moyens de couplage appropriés, par exemple une liaison mécanique 8 sous la forme d'un entraînement à courroie, à un moteur thermique 9.

La machine électrique 100 comporte un redresseur 6 et plusieurs bornes de phase 7 correspondant au nombre de phases de la machine électrique 100. Le redresseur 6 comporte activement des éléments de commutation par exemple des composants MOSFET et il peut fonctionner comme redresseur (mode générateur de la machine électrique) ou comme onduleur (mode moteur de la machine électrique). Le redresseur 6 dispose d'une unité de commande pour commander les éléments de commutation actifs.

Du côté de la tension continue, un régulateur de champ 2 assure la liaison avec l'enroulement de rotor 1 de la machine électrique 100. Le régulateur de champ 2 commande l'enroulement de rotor 1.

Côté tension continue, on a au moins un accumulateur d'énergie 3 par exemple la batterie du véhicule et de préférence un utilisateur 5.

La machine électrique 100 comporte en outre une unité de calcul 4 conçu en technique de programmation pour exécuter

l'invention. En particulier, elle commande un régulateur de champ 2 et un redresseur 6 selon l'invention. L'unité de calcul 4 comporte notamment une entrée ou une interface pour recevoir un signal de prédéfinition de vitesse de rotation. Il peut s'agir par exemple du branchement sur le bus du véhicule tel que le bus CAN. L'unité de calcul 4 fait partie de la machine électrique 100 et constitue avec celle-ci une unité constructive.

Le réseau embarqué comporte en outre une unité de calcul 12 (appareil de commande du moteur ou appareil ECU) qui commande entre autre le moteur thermique 9 et l'unité de calcul 4 de la machine électrique 100 et transmet à celle-ci notamment les ordres de fonctionnement correspondant comprenant le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation pour démarrer le moteur thermique 9.

Des modes de fonctionnement seront décrits ci-après à titre d'exemple en tenant compte des figures 2 et 3.

La figure 2 montre trois courbes différentes 201, 202, 203 du couple M fourni par la machine électrique en fonction de sa vitesse de rotation (n). Il s'agit par exemple des courbes de couple qui sont choisies par l'appareil de gestion du moteur 12 à l'aide du signal de prédéfinition de vitesse de rotation comprenant un signal sélecteur ; ensuite elles sont utilisées par l'unité de calcul 4 de la machine électrique 100, automatiquement et indépendamment. L'unité de calcul 4 de la machine électrique 100 commande à cet effet le régulateur de champ 2 et le redresseur 6 pour arriver au fonctionnement choisi.

Il s'agit par exemple dans le cas de la courbe 201 du fonctionnement normal ; dans le cas de la courbe 202 il peut s'agir d'un passage pour un démarrage accéléré (avec un couple important) et pour la courbe 203 il s'agit d'une courbe pour un démarrage de confort (c'est-à-dire avec un couple réduit). Par exemple on prédéfinit une vitesse de rotation de consigne n_0 qui, lorsqu'elle est atteinte, libère l'injection et l'allumage par l'appareil de commande de moteur 12 et termine ainsi la phase de démarrage du moteur thermique. Le mode moteur de la machine électrique 100 se termine alors. Selon un développement avantageux, la machine électrique peut fonctionner en mode de régulation de vitesse de rotation ; ce mode de fonctionnement de la machine élec-

trique 100 sera seulement terminé lorsque le moteur thermique aura atteint une stabilité suffisante de la vitesse de rotation.

La figure 3 montre trois courbes différentes 301, 302, 303 de la vitesse de rotation (n) de la machine électrique en fonction du temps (t). Les différentes courbes peuvent par exemple résulter du parcours par la machine électrique, des courbes ainsi présentées 201, 202, 203. A titre d'exemple, la vitesse de rotation de consigne n_0 est indiquée. La phase de démarrage du moteur thermique commence à l'instant t_0 auquel l'appareil de commande de moteur 12 reçoit un signal de prédéfinition de vitesse de rotation comprenant un signal de démarrage pour l'unité de calcul 4 de la machine électrique 100. Le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation comprend également un signal de consigne de vitesse de rotation. Le signal de consigne de la vitesse de rotation est ici égal à n_0. De façon préférentielle, le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation comprend en plus un signal de sélection pour sélectionner l'une des courbes 301, 302, 303. Ensuite l'unité de calcul 4 commence à lancer le moteur électrique 100 automatiquement et de façon indépendante pour entraîner le moteur thermique.

A l'instant t_1, on arrive à la vitesse de rotation cible n_0. Ensuite, l'unité d calcul 4 passe en mode de régulation et asservit la vitesse de rotation réelle de la machine électrique sur la vitesse de rotation de consigne n_0. Jusqu'à l'instant t_2, l'air est évacué de la tubulure d'aspiration par le fonctionnement de préférence tracté du moteur thermique jusqu'à atteindre la charge nécessaire à l'allumage. Pour cela, la machine électrique permet de régler le remplissage en profondeur souhaité par rapport à l'instant de la commande de la combustion. La rotation de la machine électrique pourra être commandée pour optimiser le remplissage cible souhaité sous certains points de vue comme par exemple un démarrage optimisé du point de vue de l'émission par une combustion optimisée vis-à-vis de l'émission, un démarrage de confort par une différence minimale des couples lors de la combustion et ainsi des secousses réduites, un temps de démarrage rapide, et un faible bruit lors du fonctionnement avec combustion.

A l'instant t_3, on atteint le remplissage de consigne souhaité et l'injection est alors libérée (dans le cas des moteurs à injection

directe). La rotation de la machine électrique est commandée pour optimiser le remplissage de consigne souhaité dans certaines conditions comme par exemple une réduction des émissions polluantes pour la première combustion et pour éviter les sous-oscillations ou sur-oscillations par l'activation de l'injection. Le moteur thermique s'allume. Tout d'abord, la machine électrique continue de fonctionner en mode de vitesse de rotation pour stabiliser la vitesse de rotation (par exemple pendant une phase de chauffage KAT).

A l'instant t_4, le démarrage du moteur thermique 9 est terminé et la vitesse de rotation est suffisamment stable. Le mode de régulation de la vitesse de rotation de la machine électrique se termine. La vitesse de rotation n'est alors définie que par le moteur thermique qui est commandé par l'appareil de commande 12.

NOMENCLATURE DES ELEMENTS PRINCIPAUX

2	Régulateur de champ
3	Accumulateur d'énergie
4	Unité de calcul de régulateur de champ
5	Utilisateur
6	Redresseur
7	Branchement de phase
8	Liaison mécanique
9	Moteur thermique
12	Unité de calcul/appareil de commande de moteur
100	Machine électrique
201, 202, 203	Courbes du couple en fonction du temps
301, 302, 303	Courbes de la vitesse de rotation de la machine électrique en fonction du temps

REVENDICATIONS

1°) Procédé de gestion d'une machine électrique (100) couplée à un moteur thermique (9) dans un véhicule automobile dont la machine électrique comporte un bobinage de stator (10), un bobinage de rotor (1), un régulateur de champ (2) associé au bobinage de rotor (1) ainsi qu'un redresseur (6) en aval du bobinage de stator (10) avec des éléments de commutation commandés,

- procédé selon lequel pendant la phase de démarrage du moteur thermique (9), on fait fonctionner la machine électrique (100) comme moteur selon les indications d'un signal de prédéfinition de vitesse de rotation.

2°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation comprend un signal de vitesse de rotation de consigne et la vitesse de rotation réelle de la machine électrique (100) est asservie sur une vitesse de rotation de consigne prédéfinie par le signal de vitesse de rotation de consigne.

3°) Procédé selon la revendication 2,
caractérisé en ce que
on termine la régulation de la vitesse de rotation réelle de la machine électrique (100) sur la vitesse de rotation de consigne prédéfinie par le signal de vitesse de rotation de consigne lorsque la vitesse de rotation du moteur thermique (9) atteint un seuil de stabilité de vitesse de rotation.

4°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le signal de consigne de la vitesse de rotation comprend un signal de seuil inférieur de vitesse de rotation,

- la machine électrique (100) fonctionnant seulement en mode moteur lorsque la vitesse de rotation de la machine électrique atteint le seuil inférieur de vitesse de rotation prédéfini par le signal de seuil inférieur de vitesse de rotation.

5°) Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que
le moteur thermique (9) est lancé par un démarreur autre que la machine électrique (100).

6°) Procédé selon la revendication 5,
caractérisé en ce que
le lancement de la machine électrique (100) se fait en tenant compte d'un temps de latence.

7°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation comprend un signal de sélection pour sélectionner un comportement de vitesse de rotation ou un comportement de couple, prédéfinis, pour la machine électrique (100).

8°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le mode moteur de la machine électrique (100) se termine lorsque la vitesse de rotation du moteur thermique (9) atteint un seuil de stabilité de vitesse de rotation.

9°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
un démarreur-générateur ou une machine de récupération d'amplification fonctionnent comme machine électrique (100).

10°) Unité de calcul appliquant un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, d'une machine électrique (100) couplée à un moteur thermique (9) dans un véhicule automobile dont machine électrique comporte un bobinage de stator (10), un bobinage de rotor (1), un régulateur de champ (2) associés au bobinage de rotor (2) ainsi qu'un redresseur (6) en aval du bobinage de stator (10) comportant des éléments de commutation commandés,

- procédé selon lequel pendant la phase de démarrage du moteur thermique (9), on fait fonctionner la machine électrique (100) comme moteur selon les indications d'un signal de prédéfinition de vitesse de rotation.

11°) Programme d'ordinateur comportant des codes-programme pour une unité de calcul, pour exécuter un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 lorsque le procédé est appliqué par une unité de calcul selon la revendication 10, ainsi que support de mémoire lisible par une machine comportant un tel programme d'ordinateur.

12°) Machine électrique (100) appliquée à un véhicule automobile pour être couplé à un moteur thermique (9) et comportant un bobinage de stator (10), un bobinage de rotor (1), un régulateur de champ (2) associé au bobinage et au rotor (1) ainsi qu'un redresseur (6) en aval du bobinage de stator (10) comportant des éléments de commutation commandés ainsi qu'une unité de calcul (4) selon la revendication 10.

13°) Machine électrique (100) selon la revendication 12, comportant une entrée pour recevoir le signal de prédéfinition de la vitesse de rotation.

14°) Réseau embarqué de véhicule automobile comportant une machine électrique (100) selon l'une quelconque des revendication 12 ou 13 et un appareil de commande de moteur (12) pour commander le moteur thermique (9) et fournir le signal de prédéfinition de vitesse de rotation.

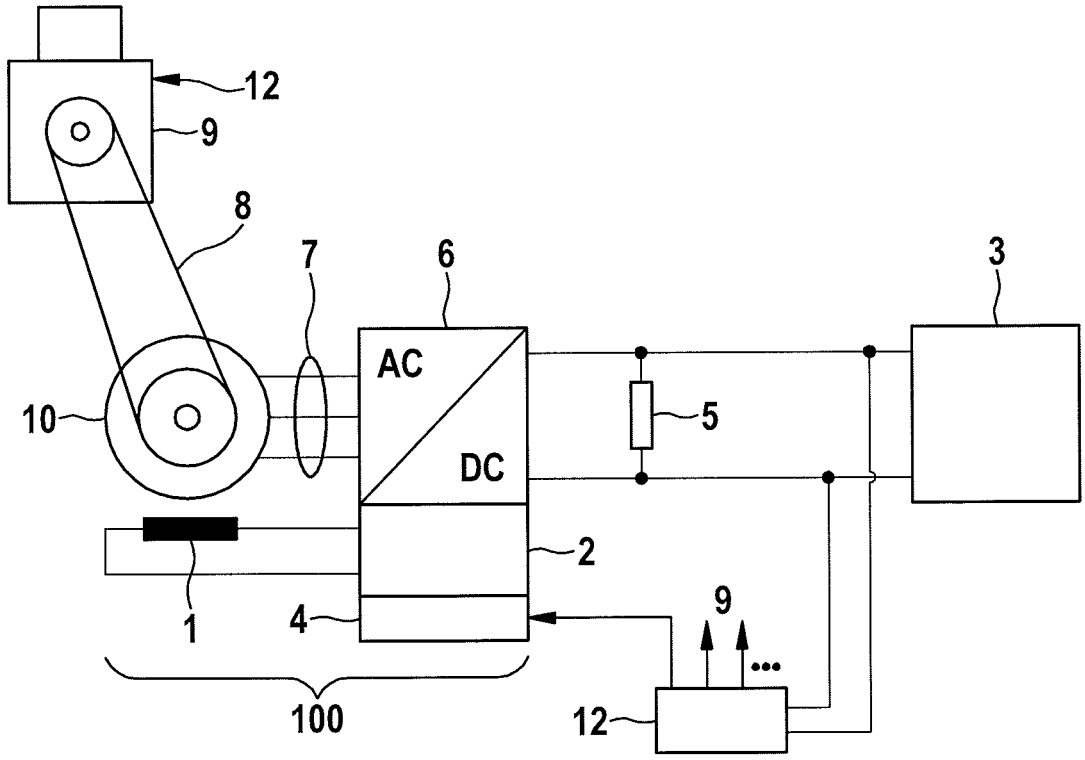


Fig. 1

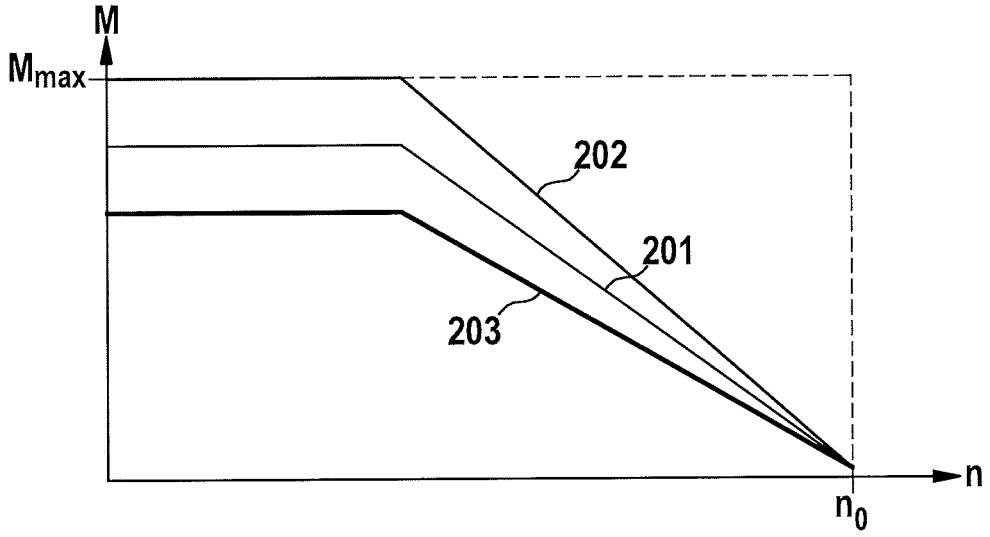


Fig. 2

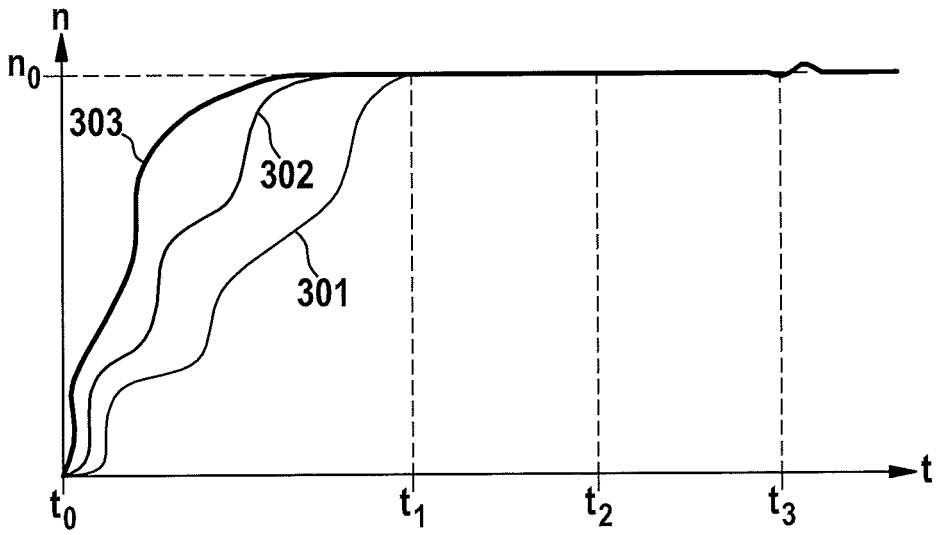


Fig. 3