

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 29.11.12.

③③ Priorité : 01.12.11 DE 102011087523.9.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.06.13 Bulletin 13/23.

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.*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

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

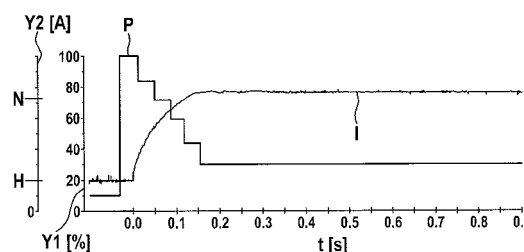
⑦② Inventeur(s) : DEAK ISTVAN.

⑦③ Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GMBH.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

⑤④ PROCÉDE DE GESTION D'UNE MACHINE ELECTRIQUE A EXCITATION INDEPENDANTE EQUIPANT UN
VEHICULE AUTOMOBILE.

⑤⑦ Procédé de gestion d'une machine électrique 100 à
excitation indépendante notamment d'un générateur véhi-
cule automobile selon lequel l'enroulement de rotor 4 de la
machine électrique 100 reçoit en mode de fonctionnement
normal un courant d'excitation d'intensité nominale N et en
mode de repos, un courant d'excitation avec une intensité
de courant de maintien H, l'intensité du courant de maintien
étant supérieure à zéro et inférieure à l'intensité nominale.



Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte à un procédé de gestion d'une machine électrique à excitation indépendante, équipant un véhicule automobile ainsi qu'à une unité de calcul pour appliquer un tel
5 procédé.

Etat de la technique

Les machines électriques utilisées dans les véhicules automobiles sont depuis longtemps des démarreurs (fonction moteur) et des générateurs. Comme générateurs, les véhicules actuels utilisent des
10 alternateurs à griffes polaires, à excitation indépendante. Le courant alternatif généré est redressé en général par des redresseurs utilisant des diodes semi-conductrices.

L'augmentation du besoin en énergie électrique des véhicules, la recherche d'une réduction de la consommation de carburant et la réduction des émissions polluantes, ainsi que le souhait de pouvoir
15 combiner les avantages d'un moteur électrique à ceux d'un moteur thermique font que l'on utilise de plus en plus des machines électriques ayant une double fonction, celle du démarreur et celle du générateur.

Les démarreurs-générateurs sont des machines électriques qui dans un véhicule fonctionnent selon le cas comme moteur électrique ou comme générateur. En fonction générateur, les démar-
20 reurs-générateurs assurent toutes les fonctions réalisées actuellement par les alternateurs usuels, à savoir l'alimentation électrique du réseau embarqué et la recharge de la batterie du véhicule. En fonction moteur, les démarreurs-générateurs assurent le démarrage du moteur ther-
25 mique en lançant son vilebrequin très rapidement pour atteindre la vitesse de rotation nécessaire au démarrage.

L'utilisation des démarreurs-générateurs n'est toutefois pas limitée aux fonctions énoncés ci-dessus. En cas de puissance no-
30 minale suffisamment élevée, un démarreur-générateur peut, en fonction moteur, assister le moteur thermique pour assurer l'entraînement, par exemple pour accélérer par exemple en mode de forte accélération ou encore pour compenser le trou du turbo. Au freinage, le mode généra-
teur d'un démarreur-générateur peut récupérer une partie de l'énergie

de freinage (fonctionnement dynamique). Les systèmes d'entraînement décrits ci-dessus sont appelés entraînement ou motorisation hybride.

En particulier, les véhicules avec un automatisme marche-arrêt exigent un démarrage (redémarrage) aussi rapide que possible du moteur thermique. Pour cela, il faut établir aussi rapidement que possible le courant d'excitation dans la bobine d'excitation (rotor) de la machine électrique (l'usuel générateur ou démarreur-générateur).

Le courant d'excitation peut être réglé dans les machines électriques par un signal de tension à modulation de largeur d'impulsion ; en cas de commande permanente on continue (c'est-à-dire, un rapport de travail du signal de tension allant 100%, c'est-à-dire 1) le courant d'excitation sera à l'intensité nominale. Il s'agit de l'intensité du courant de fonctionnement de la bobine d'excitation de la machine en mode de fonctionnement normal pour lequel l'installation est conçue. Après le réglage du rapport de travail à 100%, du fait de la forte inductance, l'enroulement de rotor n'atteindra l'intensité nominale qu'après un certain retard, par exemple, seulement après 300 ms. Ce retard ralenti d'autant le démarrage du moteur et n'est pas satisfaisant pour cette raison.

20 **But de l'invention**

La présente invention a pour but de perfectionner les démarreurs-moteurs notamment pour des véhicules fonctionnant en mode automatique de marche-arrêt.

Exposé et avantages de l'invention

25 A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de gestion d'une machine électrique à excitation indépendante notamment d'un générateur véhicule automobile selon lequel l'enroulement de rotor de la machine électrique reçoit en mode de fonctionnement normal, un courant d'excitation d'intensité nominale et en mode de repos, un courant d'excitation avec une intensité de courant de maintien , l'intensité du courant de maintien étant supérieure à zéro et inférieure à l'intensité nominale.

35 Ainsi, selon l'invention, le courant d'excitation dans l'enroulement de rotor d'une machine électrique en mode de repos (c'est-à-dire dans les phases pendant lesquelles il n'y a pas de mode gé-

nérateur ou de mode moteur) aura une intensité du courant de maintien qui reste supérieure à zéro, c'est-à-dire qui n'est pas complètement annulée. Partant de l'intensité du courant de maintien, on pourra atteindre plus rapidement l'intensité nominale pour le mode générateur
5 ou le mode moteur (mode de fonctionnement normal) que si l'on partait d'une intensité nulle. L'intensité du courant de maintien représente de préférence moins de 50% de l'intensité nominale. L'intensité du courant de maintien peut être fixée par un circuit de régulation ouvert ou être régulée dans un circuit de régulation fermé.

10 En mode moteur, le temps nécessaire au démarrage du moteur thermique sera avantageusement raccourci. L'invention développe également des avantages particuliers en mode générateur. Dans certaines conditions de conduite en mode générateur, on ne souhaite pas couper le générateur (c'est-à-dire les fonctions d'attente) par
15 exemple pour décharger la ligne de transmission. Dans ce cas, le réseau embarqué est habituellement alimenté par la batterie du véhicule jusqu'à ce que le générateur soit de nouveau mis en service. La coupure du générateur se fait selon l'état de la technique, également, par la coupure du courant d'excitation mais il en résulte que si la tension du réseau de
20 bord chute (période pendant laquelle l'alimentation se fait par la batterie), le rebranchement du générateur prend un temps relativement long car le courant d'excitation doit partir d'une valeur nulle. Il peut en résulter des effondrements gênants de la tension du réseau embarqué. L'invention développe également une possibilité de faire fonctionner la
25 machine électrique pour revenir aussi rapidement que possible d'un premier état dans lequel le véhicule ne fournit pratiquement pas de puissance au réseau embarqué (état d'attente) à un second état dans lequel il fournit la puissance au réseau embarqué du véhicule.

30 Dans la fonction de moteur, l'enroulement de rotor de la machine électrique reçoit en mode de fonctionnement normal, un courant d'excitation correspondant à l'intensité nominale. Le « mode de fonctionnement normal », selon la présente invention, est un mode de fonctionnement dans lequel la machine est maintenue en fonctionnement pendant une durée prolongée au cours de laquelle elle assure sa
35 fonction. Il s'agit par exemple de la période pendant laquelle la machine

électrique fournit un couple appliqué au vilebrequin du moteur thermique pour le lancer ou pour l'assister, par exemple, pour passer le trou du turbo. La machine électrique est ainsi conçue pour un fonctionnement permanent à cette intensité nominale et elle fournit alors le couple maximum (en mode moteur) ou la tension maximale (en mode générateur) sans que la sollicitation thermique de l'enroulement du stator ne dépasse la valeur autorisée. L'utilisation permanente avec une intensité plus élevée n'est pas possible car l'enroulement de stator serait surchargé et risquerait d'être endommagé.

L'expression « phase de démarrage » désigne la période qui suit directement l'application du courant d'excitation. Cette période ne dure en général que jusqu'à ce que le courant d'excitation, comme décrit ci-dessus, atteigne une valeur souhaitée (en particulier l'intensité nominale du courant).

A la fois, pendant le mode normal et pendant la phase de démarrage, en appliquant un signal de tension à modulation de largeur d'impulsion avec un rapport de travail et un niveau de tension à l'enroulement de rotor de la machine, on génère un passage de courant à travers l'enroulement du rotor. Le niveau de tension du signal de tension à modulation de largeur d'impulsion, c'est-à-dire l'amplitude de l'impulsion est, en général, prédéfinie de manière fixe par la source de tension utilisée comme par exemple, la batterie de démarrage. Selon l'état de la technique, la machine électrique et la source de tension sont accordées l'une par rapport à l'autre pour qu'avec un certain rapport de travail du signal de tension égal à 100% (avec une certaine décélération) on aura un courant d'excitation de l'intensité nominale pour l'enroulement de rotor.

Pour une succession périodique d'impulsions de tension du signal de tension à modulation de largeur d'impulsion, l'expression « rapport de travail » est le rapport de la durée des impulsions.

Le mode de fonctionnement usuel d'un générateur au démarrage d'un moteur thermique consiste, comme cela est décrit ci-après à l'aide de la figure 3A, à fixer à l'instant de démarrage, un rapport du signal de tension à modulation de largeur d'impulsion qui passe

de 0% à 100%. Le courant d'excitation atteint ensuite l'intensité nominale après un certain retard.

De façon préférentielle, on utilise la combinaison d'une source de tension et d'un enroulement de rotor de façon que le courant d'excitation à l'intensité nominale passe déjà sous le rapport de travail maximum. Dans les considérations habituelles, cela signifierait que l'enroulement de rotor serait sous dimensionné pour la source de tension utilisée (ou de façon correspondante) la source de tension serait surdimensionnée pour l'enroulement de rotor. Le courant d'excitation à l'intensité nominale selon ce mode de réalisation passe dès le rapport de travail (dans le cadre de la présente demande, comme premier rapport de travail), en dessous de 100% et de préférence en dessous de 90%, 70%, 50% ou de 40%.

Le rapport de travail servant à régler l'intensité du courant de maintien (dans le cadre de la demande appelée second rapport de travail) est inférieur au premier rapport de travail et de préférence inférieur à 90%, 70%, 50%, 40%, 20% ou de 10%.

Selon un autre développement préférentiel de l'invention, l'enroulement de rotor est commandé pendant un court instant, pour passer en dessous du début de l'alimentation avec un signal de tension correspondant à un rapport de travail (dans le cadre de la présente description, il s'agit du troisième rapport de travail) qui, en mode de fonctionnement continu, conduirait à un niveau d'intensité supérieur à l'intensité nominale. Cela permet de raccourcir d'autant le temps nécessaire à atteindre l'intensité nominale comme cela découle par exemple de la figure 3B. L'enroulement de rotor n'a pas à être, dans ces conditions, conçu pour un fonctionnement permanent avec un troisième rapport de travail. On évite ainsi la destruction par surchauffe de l'enroulement de rotor en choisissant une période de commande suffisamment brève. Comme indiqué, lorsqu'on atteint l'intensité respective dans l'enroulement, sous l'effet de l'inductance de la bobine, on a toujours un certain retard. Le passage du courant dans l'enroulement de rotor ne s'établit que sur une période fixe, prédéfinie (selon l'invention, il s'agit par exemple de 50 ms). On peut éviter que l'enroulement de rotor ne reçoive un courant excessif en réduisant de nouveau très rapi-

dement le rapport de travail. Cette réduction peut se faire en particulier pas à pas selon des paliers égaux ou suivants des durées différentes. On peut prédéfinir le rapport de travail à partir du second rapport de travail pour l'intensité de courant de maintien en fonction du troisième rapport de travail pour un relèvement excessif jusqu'au premier rapport de travail pour l'intensité nominale de courant en boucle de régulation ouverte et les grandeurs de réglages sont calculées pendant le fonctionnement par une unité de calcul (régulateur de champ) ou encore elles sont prédéfinies et enregistrées dans un tableau de mise à jour.

Pour réduire autant que possible le temps pour que le courant dans l'enroulement de rotor atteigne son intensité nominale, on utilise comme troisième rapport de travail, de préférence, un rapport de travail de 100% de sorte que l'enroulement de rotor reçoit la tension en permanence. Le premier rapport de travail pour lequel le courant est à l'intensité nominale est de préférence par exemple compris entre 25% et 40% du troisième rapport de travail ou au moins de 70%, moins de 60%, moins de 50%, moins de 40%, moins de 30%, moins de 20% ou moins de 10% du troisième rapport de travail. Si l'on utilise les valeurs indiquées ci-dessus, on pourra utiliser de manière simple et économique, des composants standards pour la mise en œuvre de l'invention.

Si c'est pendant l'alimentation électrique, la machine électrique tourne à l'intensité de courant de maintien, on induit une tension bien que le mode de générateur ne soit pas demandé. Pour éviter les surtensions, on règle l'intensité du courant de maintien avantageusement pour que la tension redressée (tension en sortie du redresseur) corresponde à une plage définie d'une vitesse de rotation du rotor habituellement comprise entre 0T/min et 22000 T/min inférieure à la tension de fin de charge de la batterie du véhicule. Si à côté de l'enroulement, le rotor comporte également des aimants permanents, une intensité de courant de maintien diminuée d'autant est appropriée.

Une tension préférentielle de batterie pour l'enroulement du rotor se situe entre 24 V et 60 V (tension autorisée pour le toucher), de préférence 48 V et significativement supérieure à la tension embarquée usuelle de 14 V. En relevant la tension, on atteint plus rapidement l'intensité nominale. Si l'on utilise un enroulement de rotor qui est de

même construction que celui d'un générateur fournissant 14 V, on aura pour 48 V un rapport de travail d'environ 30% (14/48) pour l'intensité nominale. La tension de batterie varie suivant l'état de charge et/ou l'âge de la batterie ainsi qu'en fonction du courant actuel dans la batterie si bien que la plage préférentielle du rapport de travail pour l'intensité nominale se situe entre 25% et 45%. Si le système fonctionne avec une autre batterie par exemple 28 V, comme cela se développe actuellement dans le domaine des camions, on aura un rapport de travail de 50% pour l'intensité nominale. Les moyens développés ci-dessus se réalisent, par exemple, en ce que pour fournir le signal de tension à largeur d'impulsion modulée, on utilise une source de tension supplémentaire dans le réseau embarqué. Il peut s'agir, par exemple, d'une batterie supplémentaire fournissant une tension de 48 V (par rapport à la batterie usuelle fournissant 14 V). Si, pour appliquer un signal de tension à l'enroulement du rotor de la machine électrique, on utilise une autre source de tension qui fournit une tension plus élevée, il n'est pas nécessaire de faire des adaptations constructives à la machine électrique et le procédé, selon l'invention, se réalise ainsi d'une manière simple et économique du point de vue de la technique de régulation par exemple dans un appareil de commande.

L'unité de calcul selon l'invention, qui est par exemple, un régulateur de champ de véhicule automobile est notamment programmé pour appliquer le procédé de l'invention.

Le procédé selon l'invention peut également être réalisé sous la forme d'un programme car cela se traduit par un coût particulièrement réduit notamment si l'on utilise un appareil de commande assurant également d'autres fonctions et qui existe de ce fait. Des supports de données appropriées pour le programme d'ordinateur sont en particulier les disquettes, les disques durs, les mémoires flash, les mémoires EEPROM, les CD-ROM, les DVD ou autres. On peut également télécharger le programme par un réseau d'ordinateur (Internet, Intranet ou autres).

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'exemples de réalisation d'un procédé de gestion

d'une machine électrique à excitation indépendante représentée dans les dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est le schéma d'un démarreur-générateur selon l'invention,
- 5 - la figure 2 montre un régulateur de champ du démarreur-générateur d'un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3A montre la courbe d'intensité dans l'enroulement de rotor d'un démarreur-générateur selon l'état de la technique,
- la figure 3B montre la courbe d'intensité de l'alimentation d'un en-
- 10 roulement de rotor d'un démarreur-générateur selon l'invention.

Description de mode de réalisation de l'invention

La figure 1 montre un schéma d'un démarreur-générateur de véhicule automobile, selon un mode de réalisation de l'invention. Le démarreur-générateur porte globalement la référence 100 et comporte un stator 2 à trois phases 21, 22, 23.

L'enroulement de rotor 4 reçoit par l'intermédiaire d'une horloge 5, par exemple, un transistor à effet champ-métal-oxyde (transistor MOSFET), un signal de tension modulé en largeur d'impulsion fourni par une source de tension 10, par exemple une batterie. Le géné-

20 rateur de cadence ou horloge 5 reçoit un signal de commande appliqué par exemple à la borne de porte G par une unité de commande 6.

L'unité de commande 6 est reliée par des interfaces 7, 8 à la commande de redresseur 3. Par les sorties 3', la commande agit sur les éléments de commutation actifs d'un redresseur 9 reliés aux phases

25 21, 22, 23 du stator 2 par exemple en fonction de la position du rotor. Les éléments de commutation actifs 1 du redresseur 9 peuvent également être des transistors MOSFET conçus pour les intensités-tensions respectives.

Pour exécuter le procédé selon l'invention, la source de tension 10 fournit avantageusement une tension plus élevée (par

30 exemple 48 V) que la tension usuelle de, par exemple 14 V, du réseau embarqué alimentant les utilisateurs habituels reliés au réseau embarqué. Le démarreur-générateur 100 fournit avantageusement également une tension plus élevée. Cette tension peut être transformée par des

convertisseurs de tension continue au niveau de tension plus faible du réseau embarqué.

L'enroulement de rotor 4, lui-même, reçoit en mode de fonctionnement permanent, une tension plus faible, par exemple, la tension usuelle du réseau embarqué égale à 14 V avec un rapport de travail de 100%. Si dans le dispositif présenté, l'enroulement de rotor 4 fonctionnait avec une tension plus élevée et un rapport de travail de 100%, on risquerait également la destruction thermique.

En mode de fonctionnement normal, l'enroulement de rotor 4 fonctionne avec un rapport de travail beaucoup plus faible et n'est commandé avec un rapport de travail de 100% qu'en phase de démarrage de sorte que le courant dans l'enroulement de rotor 4 atteint très rapidement l'intensité de consigne (voir figure 3).

La figure 2 montre sous la référence globale 110 un dispositif avec un régulateur de champ pour le fonctionnement du démarreur-générateur 100 selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel de l'invention.

Le régulateur de champ 110 comporte, comme indiqué, un générateur de cadence ou horloge 5 constitué par exemple par un transistor MOSFET dont le drain est relié au pôle positif B+ d'une source de tension appropriée 10, par exemple d'une batterie fournissant une tension 48 V. La source du générateur de cadence 5 est par exemple reliée par un premier balai en carbone à la borne positive F+ de l'enroulement de rotor 4 et la borne négative F- de l'enroulement de rotor 4 ; est reliée par exemple par un seconde balai en carbone à la masse GND. En parallèle à l'enroulement de rotor, une diode de roue libre est branchée dans le sens du blocage.

Le générateur de cadence 5 est commandé par un signal d'horloge appliqué par exemple à sa porte G pour régler le niveau du courant d'excitation par son rapport de travail. Dans le démarreur-générateur classique selon l'état de la technique, comme cela a été indiqué plusieurs fois, l'enroulement de rotor 4 est conçu pour qu'avec une tension branchée en permanence (c'est-à-dire un rapport de travail de 100%) le courant d'excitation est à la tension nominale. Cette tension nominale est dimensionnée pour qu'un courant correspondant puisse

passer en permanence dans la plage des vitesses de rotation caractéristiques du mode générateur sans que l'enroulement de rotor ne chauffe de manière excessive.

En revanche, dans l'exemple de réalisation décrit, le démarreur-générateur 100 est dimensionné pour que son enroulement de rotor 4 reçoive le courant de l'intensité nominale déjà pour un rapport de travail significativement inférieur à 100% du courant d'excitation, par exemple, un rapport de travail de 30%.

Les figures 3A et 3B montrent les courbes de courant d'alimentation de l'enroulement de rotor d'un démarreur-générateur selon l'état de la technique et selon le mode de réalisation de l'invention.

Les diagrammes respectifs des figures 3A et 3B montrent les rapports de travail P et les signaux d'intensité I en fonction du temps t en seconde, porté en abscisses. Le premier axe des ordonnées Y1 donne une échelle caractéristique en pourcentage pour le rapport de travail P représenté ; le second axe des ordonnées Y2 donne les signaux d'intensité I suivant une échelle en ampère.

Dans la courbe de commande selon l'état de la technique présentée à la figure 3A, le rapport de travail P est relevé brutalement de 0 à 100% à l'instant de démarrage à 0,0 seconde. Du fait de l'intensité élevée existant à cause de l'enroulement de rotor 4, on aura l'intensité nominale N du courant d'excitation I en partant de 0 mais avec un certain retard ; dans le cas présent, il s'agit d'environ 300 ms. L'enroulement de rotor 4 est conçu pour fonctionner en permanence avec un rapport de travail de 100%.

La commande, selon l'invention, est explicitée à la figure 3B. Il peut s'agir du même enroulement de rotor 4 qu'à la figure 3A mais qui reçoit une tension de 48 V à la place de la tension 14 V de la figure 3A. Ainsi, on obtient que l'intensité nominale N du courant d'excitation I est atteinte déjà pour un rapport de travail d'environ 30%. En outre, l'enroulement de rotor reçoit l'intensité H du courant de maintien dans les périodes dans lesquelles il n'y a pas de mode moteur ou de mode générateur, ici notamment, pour $t < 0$.

Si maintenant, pendant, un court instant après le branchement, de préférence pendant moins de 50 ms, l'enroulement de rotor

4 est commandé brièvement avec un rapport de travail de 100%, on aura une croissance très rapide du courant d'excitation jusqu'à l'intensité nominale N. Cette intensité nominale N est ainsi également atteinte après environ 150 ms.

5 Cette commande peut se faire de façon commandée ou régulée. Dans le premier cas, on fixe le rapport de travail à 100% pour une durée fixée et ensuite et notamment pas à pas comme le montre la figure 3B ou en une seule fois, on revient pour obtenir la valeur nécessaire de l'intensité nominale N.

10 Dans le second cas, on détermine l'intensité d'excitation en mesurant. Pour cela, on peut, par exemple, utiliser un régulateur PI (régulateur proportionnel-intégral) du courant d'excitation souhaité (c'est-à-dire l'intensité nominale N) et la grandeur de réglage est le régulateur PI du rapport de travail.

15 Par un choix approprié des paramètres de régulation, on règle la commande pour que l'intensité nominale N soit atteinte en un temps aussi court que possible sans produire des excursions de limite du courant d'excitation.

20 Les moyens, selon l'invention, s'appliquent comme indiqué, de préférence dans le cas de générateurs à griffes polaires équipant des véhicules automobiles et qui à côté du mode générateur fonctionnent également en mode démarreur (démarreur-générateur). On réduit ainsi considérablement le temps de démarrage du moteur.

25

30

NOMENCLATURE

	2	Stator
	3'	Sortie de l'élément de commutation actif
5	4	Enroulement de rotor
	5	Générateur de cadence/horloge
	6	Unité de commande
	7	Interface
	8	Interface
10	9	Redresseur
	10	Source de tension/batterie
	21, 22, 23	Phases
	100	Démarrreur-générateur
	110	Régulateur de champ
15		

RE V E N D I C A T I O N S

1°) Procédé de gestion d'une machine électrique (100) à excitation indépendante notamment d'un générateur de véhicule automobile selon lequel l'enroulement de rotor (4) de la machine électrique (100) reçoit en
5 mode de fonctionnement normal, un courant d'excitation d'intensité nominale (N) et en mode de repos, un courant d'excitation avec une intensité de courant de maintien (H),
l'intensité du courant de maintien étant supérieure à zéro et inférieure à l'intensité nominale.

10

2°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
l'intensité du courant de maintien est au plus égale à 50% de l'intensité nominale.

15

3°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
l'intensité du courant de maintien est prédéfinie pour que la tension induite en mode de repos par la machine électrique soit inférieure à la
20 tension de fin de charge de la batterie du véhicule et représente de préférence au plus 95% de la tension de fin de charge.

4°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que

25

le courant d'excitation à l'intensité nominale (N) est fourni par l'application d'un signal de tension à largeur d'impulsion modulée avec un premier rapport de travail et un niveau de tension à l'enroulement de rotor (4) de la machine (100) et le courant d'excitation à l'intensité de maintien (H) est obtenu en appliquant un signal de tension modulé en
30 largeur d'impulsion avec un second rapport de travail et le niveau de tension fourni.

5°) Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que

le niveau de tension est supérieur à 24 V et inférieur à 60 V, et de préférence il est égal à 48 V.

6°) Procédé selon la revendication 5,

5 caractérisé en ce que

le premier rapport de travail est égal à 100%, inférieur à 100%, inférieur à 90%, inférieur à 70%, inférieur à 50% ou inférieur à 40% et/ou le second rapport de travail est inférieur à 90%, inférieur à 70%, inférieur à 50%, inférieur à 40%, inférieur à 20% ou inférieur à 10%.

10

7°) Procédé selon la revendication 4,

caractérisé en ce que

pendant la phase de démarrage de la machine électrique (100) l'enroulement de rotor (4) reçoit un signal de tension modulé en largeur d'impulsion avec une tension et un troisième rapport de travail, ce troisième rapport de travail étant supérieur au premier rapport de travail et le troisième rapport de travail est au moins égal à 100%.

15

8°) Procédé selon la revendication 7,

20 caractérisé en ce que

le signal de tension est appliqué avec un troisième rapport de travail fondé sur une régulation pour l'enroulement de rotor (4) jusqu'à ce que le courant d'excitation traversant l'enroulement de rotor (4) corresponde à l'intensité nominale (N), et notamment le signal de tension avec le troisième rapport de travail est appliqué pendant une durée prédéfinie à l'enroulement de rotor (4).

25

9°) Procédé selon la revendication 7,

caractérisé en ce que

pendant la phase de démarrage, le rapport de travail est réduit pas à pas pour passer du troisième rapport de travail au premier rapport de travail.

30

10°) Procédé selon la revendication 4,

35 caractérisé en ce que

le courant d'excitation dans l'enroulement de rotor (4) est régulé en se fondant sur une mesure du courant d'excitation et en régulant le second rapport de travail sur l'intensité du courant de maintien H.

5 11°) Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que

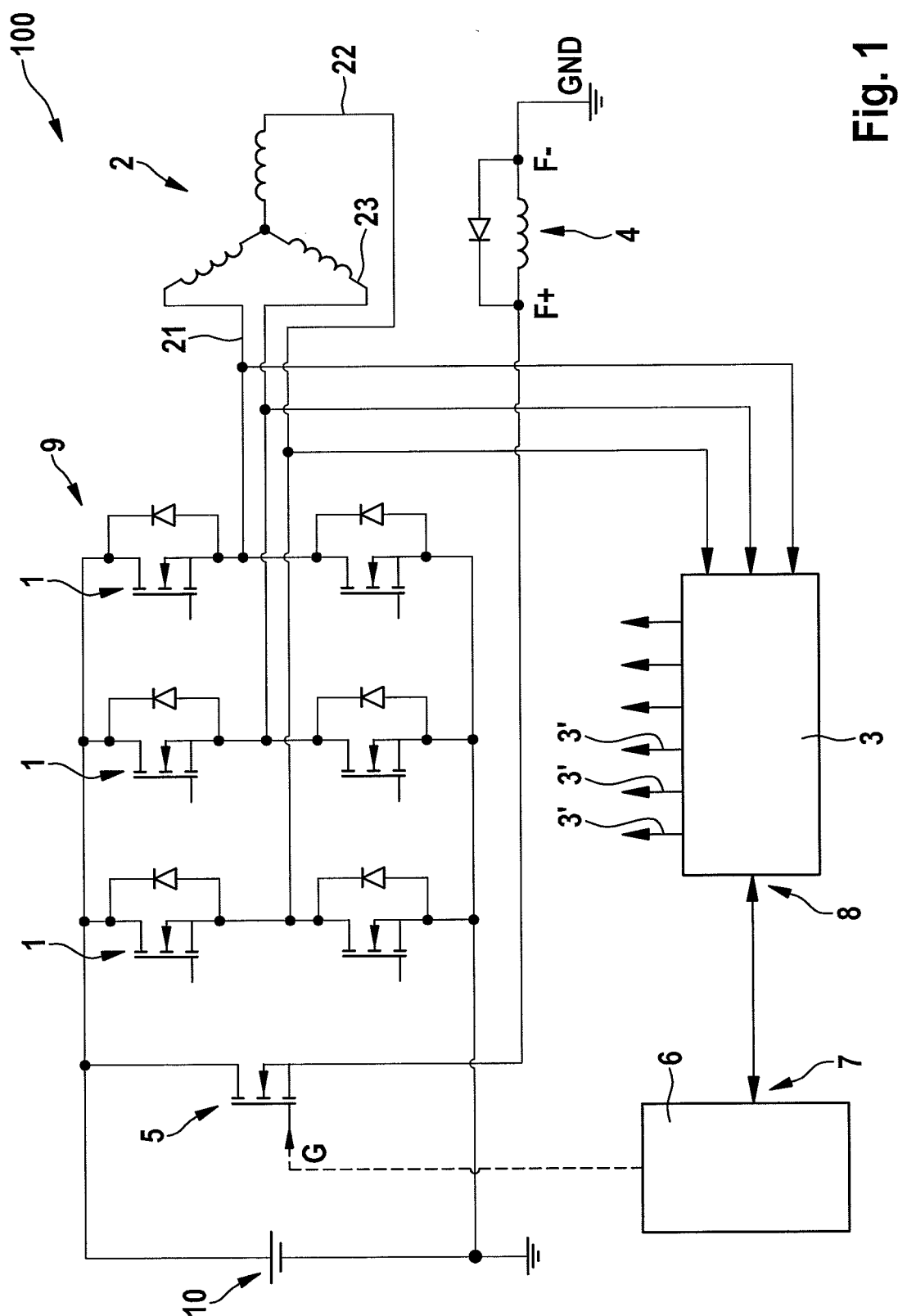
le courant d'excitation traversant l'enroulement de rotor (4) est réglé en fournissant un second rapport de travail, fixe sur une intensité de consigne du courant de maintien (H).

10

12°) Unité de calcul (6) pour appliquer le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

13°) Produit de programme d'ordinateur comportant un code de programme enregistré sur un support de données lisible par un ordinateur et qui applique un procédé selon l'une des revendications 1 à 11, lorsque le programme est exécuté par une unité de calcul, notamment une unité de calcul selon la revendication 12.

20



2 / 3

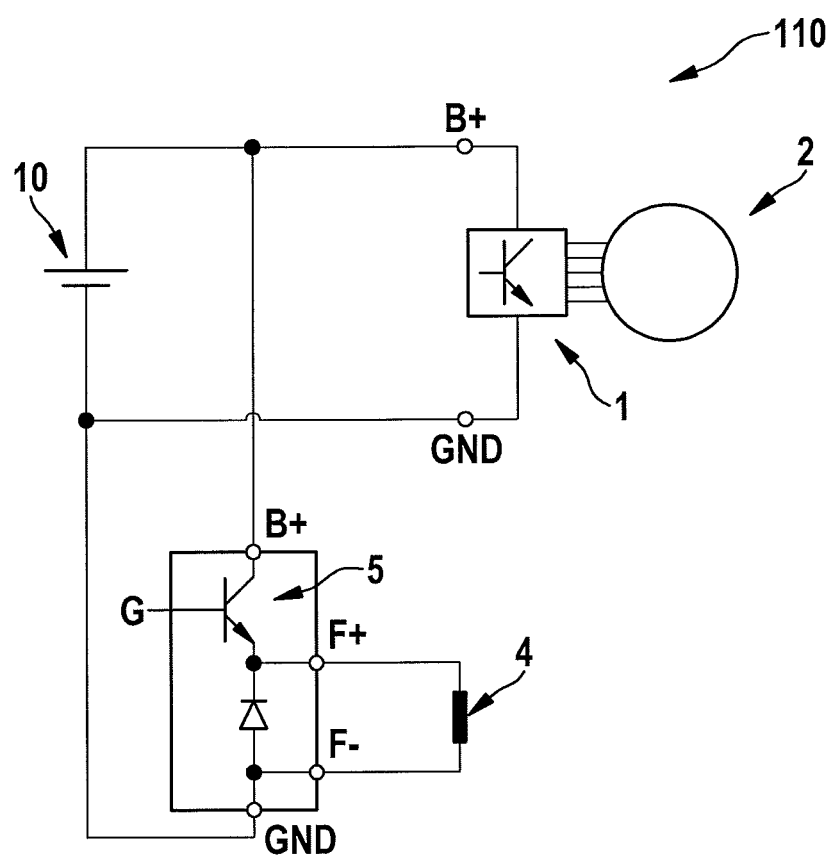


Fig. 2

3 / 3

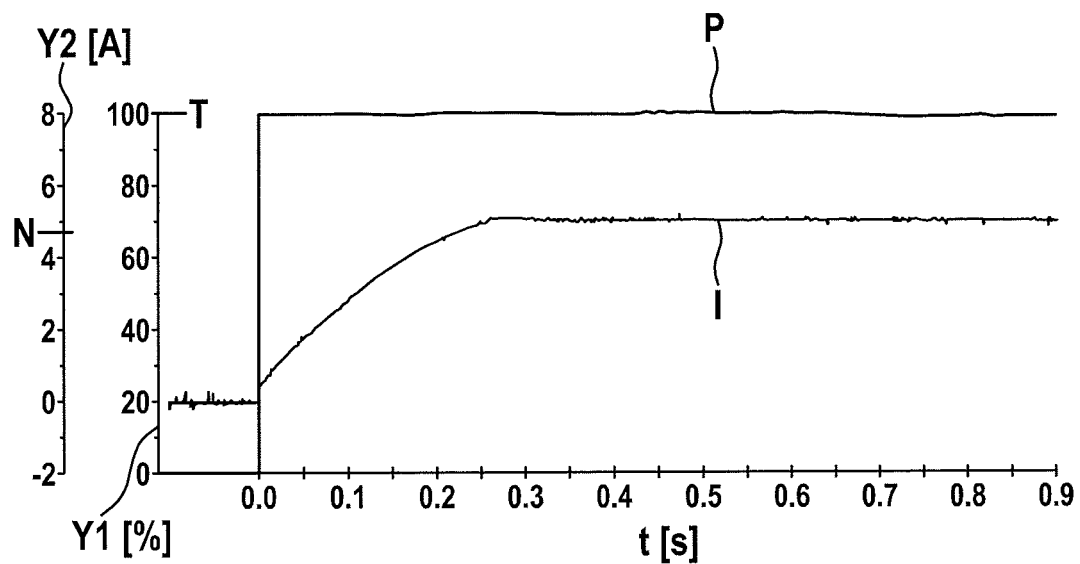


Fig. 3A

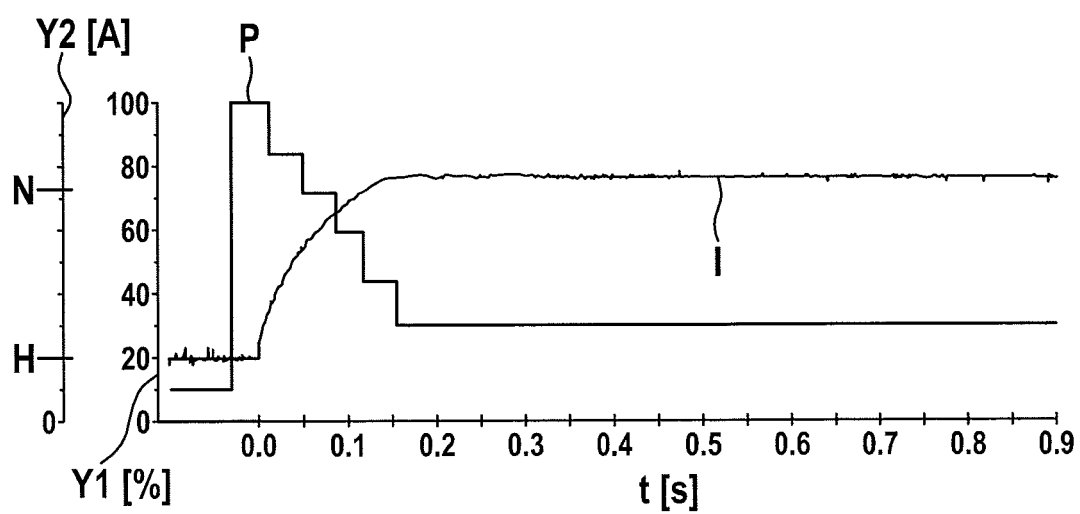


Fig. 3B