

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 28.06.12.

③③ Priorité : 30.06.11 DE 102011078379.2; 11.07.11
DE 102011078958.8.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.01.13 Bulletin 13/01.

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) : HERBIG RALF et ROESNER JULIAN.

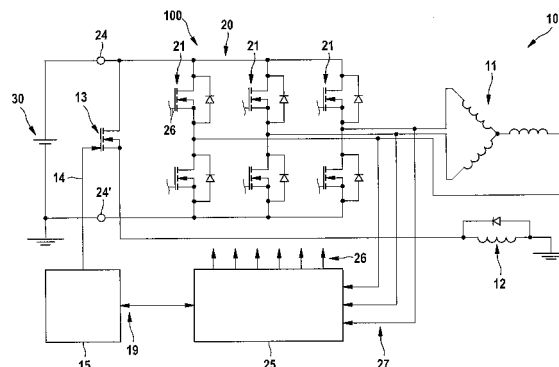
⑦③ Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GMBH.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

⑤④ PROCÉDE DE GESTION D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE COUPLE A UNE MACHINE ELECTRIQUE
DANS UN VEHICULE AUTOMOBILE.

⑤⑦ Procédé de gestion d'une machine électrique (100)
couplée à un moteur à combustion interne dans un véhicule
automobile, comportant un enroulement de stator (11), un
enroulement de rotor (12) et un redresseur (20) en aval
de l'enroulement de rotor (12) et un régulateur de champ (15) sur
l'enroulement de stator (11) avec des éléments de commu-
tation commandée (21).

Le courant d'excitation dans l'enroulement de stator (12)
est prédéfini selon le mode de fonctionnement instantané
de la machine électrique, (100, 201) qui fonctionne comme
générateur dans un premier mode de fonctionnement en
générateur pour freiner le véhicule.



Domaine de l'invention

La présente invention a pour objet un procédé de gestion d'une machine électrique couplée à un moteur à combustion interne d'un véhicule automobile.

5 **Etat de la technique**

Les machines électriques des véhicules automobiles sont souvent les générateurs à pôles à griffes et excitation électrique. Le courant dans le bobinage de rotor sert de grandeur de régulation de la tension de sortie souhaitée et il est prédéfini par un régulateur de champ.
10 La régulation évite par exemple que du fait des vitesses de rotation du moteur (régime moteur) très différentes, le générateur fournisse des tensions de niveau très variable qui, le cas échéant, pourraient endommager l'équipement électrique en aval.

Il est également connu d'utiliser des machines électriques
15 comme démarreurs/générateurs pour d'une part démarreur le moteur à combustion interne lorsque la machine électrique est en mode de moteur et d'autre part générer du courant alimentant le réseau embarqué et chargeant la batterie du véhicule lorsque la machine électrique est en mode de générateur.

20 Les machines électriques servent également à l'entraînement du véhicule comme cela est connu dans le domaine des véhicules hybrides. L'objectif est qu'aux régimes bas, pour lesquels le moteur à combustion interne ne fournit pas son couple maximum, on assiste le moteur (mode d'assistance, compensation du trou du turbo). L'expression "système de récupération" désigne les systèmes dans lesquels une
25 machine électrique fonctionne comme générateur avec un couple aussi grand que possible pour freiner le véhicule et permettre de stocker l'énergie de freinage ainsi récupérée (ce mode de fonctionnement est également appelé freinage dynamique). Habituellement, on utilise pour
30 cela des machines synchrones à excitation permanente qui fonctionnent à des tensions élevées (habituellement > 100V). Cela se traduit par une structure complexe du système combiné à des modifications importantes dans la ligne de transmission ainsi que la prise de mesures de protection compliquées à cause de la tension élevée. En plus des

moyens d'intégration importants, un tel système entraîne également un coût supplémentaire élevé.

But de l'invention

La présente invention a pour but de développer un mode
5 de récupération et/ou un mode hybride qui soient aussi économique que possible avec les machines électriques actuelles.

Exposé et avantages de l'invention

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de gestion
d'une machine électrique couplée à un moteur à combustion interne
10 dans un véhicule automobile selon lequel,

- la machine électrique comporte un enroulement de stator, un enroulement de rotor, un régulateur de champ sur l'enroulement de rotor et un redresseur en aval de l'enroulement de stator avec des éléments de commutation commandée,
- 15 - le courant d'excitation dans l'enroulement de stator est prédéfini selon le mode de fonctionnement instantané de la machine électrique,
- la machine électrique fonctionne comme générateur dans un premier mode de fonctionnement en générateur pour freiner le véhicule, et
- on stocke l'énergie de freinage récupérée.

20 En d'autres termes, l'invention permet d'utiliser une machine électrique usuelle telle que par exemple un générateur à griffes polaires ou un démarreur-générateur entraîné par courroie ou autres, également pour le mode de fonctionnement hybride et/ou à récupération en prédéfinissant de manière particulière le courant d'excitation de
25 consigne. En particulier, le courant d'excitation est fourni différemment selon le mode de fonctionnement de la machine électrique et en particulier on distingue notamment plusieurs modes de fonctionnement en générateur et/ou plusieurs mode de fonctionnement en moteur. Le courant d'excitation est alors réglé pour qu'il soit aussi optimum que
30 possible pour le mode de fonctionnement respectif. En particulier, le courant d'excitation de consigne n'est pas le même pour tous les modes de fonctionnement. Le courant d'excitation est fourni ainsi selon au moins deux modes de fonctionnement avec une autre prescription, par exemple dans un premier mode de fonctionnement en générateur, le
35 courant d'excitation dépend du couple de freinage souhaité et dans un

autre mode de fonctionnement, il dépend de la tension de générateur souhaitée.

Grâce à l'utilisation de machines électriques usuelles, il n'y a pratiquement pas de modification à effectuer dans la ligne de transmission. Le rendement de la machine électrique pourra être aug-
5 menté. Si la consigne intervient comme régulation, on pourra respecter d'une manière particulièrement précise le courant d'excitation souhaité ("IErr").

Comme mode de fonctionnement, on distingue tout
10 d'abord très schématiquement entre le mode de fonctionnement en moteur et le mode de fonctionnement en générateur pour la machine électrique. On peut également avoir le mode d'arrêt de fonctionnement pour lequel le courant d'excitation est coupé.

Le mode de fonctionnement en moteur comporte avanta-
15 geusement une phase de démarrage, un mode de fonctionnement marche/arrêt et/ou un mode de roulage avec assistance électrique (mode d'assistance).

Le mode de fonctionnement en générateur est commandé principalement par la commande des éléments de commutation du re-
20 dresseur de courant. Le mode de fonctionnement en générateur comprend avantageusement le mode de fonctionnement comme convertisseur boost (HSS) avec chargement de la batterie comme redresseur actif (AGLR ; les éléments de commutation commutent à leur instant de commutation naturelle, le comportement est analogue à celui
25 des redresseurs classiques à diodes) pour charger la batterie, AGLR avec un couple électrique nul et/ou AGLR avec freinage électrique.

La consigne du courant d'excitation se fait selon un développement de préférence en fonction de la caractéristique I-U de la batterie du véhicule. Pour cela, on charge tout d'abord la batterie avec un
30 courant de consigne défini et ensuite à une tension de consigne définie. La prédéfinition ou consigne du courant d'excitation (IErr) se fait également de préférence en fonction de la vitesse de rotation (nG) et du couple demandé (M demandé). Elle peut également dépendre d'autres grandeurs telles que par exemple la température (T), la tension de stator
35 (UG) et/ou le courant de stator (IG). La prédéfinition du courant d'exci-

tation se fait également de préférence en fonction des tensions et des intensités des consommateurs alimentés par le réseau embarqué.

De façon préférentielle, la prédéfinition (consigne) du courant d'excitation, se fait selon un ou plusieurs des modes de fonctionnement décrits ci-après. Le seuil de vitesse de rotation choisi égal à 3000 T/min est donné uniquement à titre d'exemple et dépend de la vitesse de rotation d'excitation de la machine électrique.

0. Mode (1^{er}. Mode de fonctionnement en moteur): Démarrer le moteur à combustion.

10 Le courant d'excitation est avantageusement réglé sur sa valeur maximale autorisée (IErr_lim), pour avoir un flux magnétique aussi grand que possible pour que la machine électrique fournisse au moteur à combustion un couple de démarrage maximum pour un courant de phase minimum. On régule le courant de phase maximum (IPhase_Max).

1. Mode (1^{er}. Mode de fonctionnement en moteur): Démarrer le moteur à combustion (démarrage/arrêt).

20 On règle le courant d'excitation avantageusement sur sa valeur maximale autorisée (IErr_lim pour avoir un flux magnétique aussi important que possible pour que la machine électrique fournisse au moteur à combustion interne le couple de démarrage maximum pour un courant de phase minimum. On régule le courant de phase maximum (IPhase_Max). En mode de fonctionnement marche/arrêt, pendant la phase d'arrêt, on n'obtient pas de courant d'excitation. Cette solution a l'avantage que le démarrage suivant du moteur pourra se faire sans retard.

2. Mode (2^{er}. Mode de fonctionnement en moteur): Démultiplication du couple fourni par le moteur à combustion interne (mode hybride, mode avec assistance).

30 Dans ce mode de fonctionnement, la régulation se fait à la fois par le courant du stator et le courant d'excitation constituant des grandeurs de commande pour régler un couple de consigne souhaité. Le courant de stator se décrit selon la littérature dans un système de coordonnées dq porté par le rotor de sorte que l'on a les trois grandeurs de commande Id, Iq, IErr. On régule le courant de stator maximum

(IG_Max). Pour des vitesses de rotation plus élevées, la machine électrique atteint sa limite de tension et fonctionne dans le sens de l'atténuation du champ. Cette atténuation du champ se règle pour la présente machine à excitation extérieure à la fois par les composants du courant de stator Id (angle d'avance de commutation α = angle de décalage entre le champ du rotor et le champ du stator) et aussi par le courant d'excitation dans le rotor. L'atténuation du champ est choisie selon le point de fonctionnement pour régler le couple de consigne souhaité avec le rendement optimum. La relation entre les grandeurs de commande et le couple de consigne souhaité (M souhaité) est enregistré de préférence sous la forme d'un champ de caractéristiques: (I_d , I_q , I_{Err}) = M demandé, régime).

Une relation est prévue entre la température (T) et/ou la vitesse de rotation du générateur (n_G) et/ou la tension de stator (U_G).

Pour ne pas dépasser le courant de batterie, maximum autorisé, on peut en outre faire dépendre les grandeurs de commande du courant de la batterie.

3. Mode (2. Mode de fonctionnement en générateur): le mode de fonctionnement en générateur est celui en dessous d'un seuil de vitesse de rotation, par exemple 3000 T/min.

Comme dans cette plage de vitesse de rotation le générateur ne peut fournir de puissance dans le cas d'un redressement classique, on fait fonctionner dans ce mode de fonctionnement, le redresseur comme convertisseur boost (HSS). Comme grandeurs de commande, on utilise les grandeurs I_d , I_q , I_{Err} comme dans le deuxième mode de fonctionnement. Le courant d'excitation (I_{Err}) est ainsi réglé comme premier mode de préférence sur sa valeur maximale autorisée ; la régulation se fait par les paramètres I_d et I_q . On régule le courant de phase maximum (I_{Phase_Max}), le courant de stator (I_G) et la tension de stator (U_G).

Selon un autre développement, on peut commander de faibles charges partielles également avec un courant d'excitation plus faible. Les grandeurs de commande sont de nouveau enregistrées avantageusement sous la forme d'un champ de caractéristiques :

$$(I_d, I_q, I_{Err}) = f(M_{cons}, \text{régime})$$

Dans ce cas également, il ne faut dépasser la tension de charge maximale ou le courant de charge maximum de la batterie de sorte que les grandeurs de commande doivent également dépendre des paramètres de la batterie. De manière préférentielle, la charge de la batterie ne se fait que jusqu'à un premier seuil de charge (état de charge – SOC).

4. Mode (3. Mode de fonctionnement en générateur): Le fonctionnement en générateur au-dessus du seuil de vitesse de rotation égal par exemple à 3000 T/min.

Dans cette plage de vitesse de rotation (régime), la machine fonctionne avec un redressement actif (AGLR). La grandeur de commande est dans ce cas exclusivement le courant d'excitation car la commande du stator est prédéfinie par la commutation naturelle. On peut prévoir une relation entre la température (T) et/ou la vitesse de rotation du générateur (nG) et/ou le courant de stator (IG) et/ou la tension de stator (UG). On régule le courant de stator (IG) et la tension de stator (UG).

Pour charger la batterie selon une certaine courbe caractéristique, on prédéfinit le courant de batterie et/ou la tension de batterie comme grandeurs de consigne :

$$I_{Err} = f(U_{cons}, \text{régime}) \quad I_{Err} = f(I_{cons}, \text{régime})$$

De préférence la charge de la batterie ne se fait que jusqu'à un second seuil de charge. De manière encore plus préférentielle, le second seuil de charge est supérieur au premier seuil de charge.

5. Mode (4. Mode de fonctionnement en générateur): Marche à vide.

Dans cet état, il n'est pas demandé au générateur de fournir du courant et le courant d'excitation est prédéfini pour que le courant du stator soit nul. Cela est notamment le cas pour $I_{Err} = 0$. Ce mode de fonctionnement est par exemple utilisé pour soulager le moteur à combustion interne au démarrage ou à l'accélération pour ne pas lui appliquer de couple de générateur ou encore après une phase de récupération, pour fournir l'énergie récupérée au réseau embarqué. Cet état est avantageusement maintenu jusqu'à atteindre un troisième seuil de charge ou à passer en dessous de celui-ci.

6. Mode (1. Mode de fonctionnement en générateur):
Freinage électrique (freinage dynamique).

En fonction du couple de freinage demandé par la gestion du moteur, on prédéfinit le courant d'excitation pour récupérer le maximum d'énergie de freinage. Cette énergie est accumulée, notamment utilisée pour charger la batterie. On charge la batterie jusqu'à un seuil de charge supérieur. Le courant d'excitation à régler est donné par un champ de caractéristiques sous la forme de: $I_{Err} = f(M_{cons}, \text{régime})$. On peut définir une relation entre la température (T) et/ou la vitesse de rotation du générateur (nG) et/ou le courant de stator (IG) et/ou la tension de stator (UG).

On règle ainsi le courant de stator (IG) et la tension de stator (UG).

7. Mode: "Moteur arrêté".

En option, dans ce mode de fonctionnement, on peut couper le courant d'excitation. Ce mode de fonctionnement n'est conservé avantageusement que jusqu'à ce qu'on dépasse le troisième ou le quatrième seuil de charge.

La sélection préférentielle des paramètres caractéristiques pour chaque mode de fonctionnement est donnée dans le tableau de la figure 4. Ce tableau donne la liste des huit modes de fonctionnement décrits ci-dessus (ligne intitulée "Mode").

La ligne "Condition" donne la liste du système qui demande le mode et les conditions qui doivent être établies. Si l'on demande différents modes, le mode ayant le nombre de chiffres le plus faible dans le champ (Priorité) sera sélectionné.

Le système de gestion de moteur assure la régulation ou la commande du couple demandé par le conducteur, c'est-à-dire du couple d'entraînement et du couple de freinage ainsi que la coordination entre les demandes d'arrêt du moteur.

Le système de gestion de charge assure la charge de la batterie selon la caractéristique UI (caractéristique I: couple de freinage constant ; caractéristique U: courant de charge constant ; tension constante). Le but est de récupérer un maximum d'énergie de freinage et de permettre le mode de fonctionnement marche/arrêt et la condition de

roue libre pour une énergie résiduelle suffisante. Pour cela, on commande les requêtes en fonction de la priorité de l'état de charge de la batterie dans les différents modes de fonctionnement.

Si l'on fait fonctionner la machine électrique en mode de fonctionnement en moteur avec une tension supérieure à la tension habituelle du réseau embarqué égale à 12 V, mais néanmoins inférieure à la tension de contact autorisée égale à 60 V, alors on augmente le couple fourni par le moteur sans nécessiter de mesures de sécurité supplémentaires particulièrement complexes. Comme la tension est significativement supérieure à 12 V, on utilise le troisième mode supplémentaire (mode qui n'existe pas dans les générateurs classiques) (convertisseur boost) (HSS). Comme la tension est significativement en dessous de celle des systèmes hybrides, connus, la machine atteint sa limite de tension déjà pour des vitesses de rotation significativement plus faibles et fonctionnera avec atténuation de champ (deuxième mode).

Une unité de calcul selon l'invention, par exemple l'appareil de commande du véhicule est conçu notamment par le programme pour appliquer le procédé de l'invention.

L'implémentation du procédé sous la forme d'un programme est avantageuse car elle se fait à coût particulièrement faible, notamment si l'on utilise l'appareil de commande qui l'exécute et également pour d'autres fonctions et qu'il est de toute façon présent. Des supports de données appropriées pour le programme d'ordinateur sont notamment les disquettes, les disques durs, les mémoires flash, les mémoires EEPROM, les mémoires CD-ROM, les DVD. On peut également télécharger un programme par un réseau d'ordinateurs (internet, intranet, etc.).

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide de modes de réalisation de systèmes de procédé de gestion d'un moteur électrique combiné à un moteur à combustion interne dans un véhicule automobile représentés dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre un mode de réalisation d'une machine électrique avec un redresseur et des éléments de commutation commandée selon l'invention,
- la figure 2 montre un mode de réalisation d'un système de récupération d'énergie pour un véhicule automobile à moteur électrique, notamment selon la figure 1,
- la figure 3 montre la relation entre les modes de fonctionnement et l'état de charge de la batterie selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention,
- la figure 4 est un tableau montrant la sélection préférentielle des paramètres caractéristiques dans chaque mode de fonctionnement pour huit modes de fonctionnement.

Description de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 montre un schéma de montage d'une machine électrique selon l'invention portant globalement la référence 100. La machine électrique a un composant générateur 10 et un composant redresseur de courant 20. Le composant redresseur de courant fonctionne habituellement comme redresseur pour le mode de fonctionnement en générateur de la machine et dans le mode de fonctionnement en moteur, ce composant fonctionne comme onduleur.

Le composant générateur 10 est présenté seulement de manière schématique par les enroulements de stator 11 branchés en étoile et un enroulement de rotor ou enroulement d'excitation 12, avec une diode en parallèle. L'enroulement de rotor est commuté de manière cadencée par un commutateur de puissance 13 relié à une borne 24 du composant redresseur 20. La commande du commutateur de puissance 13 se fait en fonction de l'indication fournie par un régulateur de champ 15 ; l'extension longitudinale du commutateur de puissance 13 de même que la diode branchée en parallèle à l'enroulement de rotor 12 sont en général intégrées dans le circuit intégré d'application spécifique (circuit dédié) (circuit ASIC) du régulateur de champ.

Dans le cadre de la présente description, le générateur est triphasé. En principe, l'invention s'applique à n'importe quel générateur avec un nombre de pôles plus ou moins grand, par exemple un générateur à cinq phases.

Le composant redresseur de courant 20 est dans le cas présent un circuit B6 avec des éléments de commutation 21, par exemple des transistors MOSFET 21. Les transistors à effet de champ MOSFET 21 sont reliés par des rails de courant aux bobinages respectifs 11 du stator du générateur. Les transistors MOSFET sont aussi reliés aux bornes 24, 24' ; lorsque la machine électrique fonctionne en mode de générateur, les bornes fournissent un courant continu alimentant le réseau embarqué y compris la batterie 30 du véhicule. La commande des éléments de commutation 21 est assurée par une installation de commande 25 reliée par des canaux de commande 26 dont tous ne portent pas de référence pour des raisons de simplification. L'installation de commande 25 reçoit la tension de phase respective des différents enroulements de stator par un ou plusieurs canaux de phase 27. Pour fournir ces tensions de phase, on peut prévoir d'autres installations mais qui n'ont pas été représentées toujours pour des raisons de simplification.

L'installation de commande 25 exploite les tensions de phase fournies par les canaux de phase 27 pour le fonctionnement au redresseur synchrone et à partir de ces tensions, l'installation de commande définit un point de branchement et un point de coupure respectif pour chaque transistor MOSFET 21. La commande est appliquée aux électrodes de porte des transistors MOSFET 21 par l'intermédiaire des canaux de commande 26.

Les régulateurs de champ, connus, comme le régulateur de champ 15 selon la présente invention, ont une borne dite en V 19 reliée à une phase de l'enroulement de stator du générateur. La fréquence du signal de la borne V ou du signal d'entrée de phase est exploitée dans le régulateur 15 et sert en fonction des grandeurs caractéristiques de ce signal, à activer ou à neutraliser le mode de régulation et finalement à commander le commutateur de puissance 13 par une ligne de commande 14. Le signal de phase appliqué à l'entrée de signal de phase 19 peut également provenir, comme représenté, de l'installation de commande 25.

Le mode de fonctionnement en moteur utilise la machine électrique 100 pour entraîner seule le véhicule automobile ou l'entraîner

en combinaison avec un moteur à combustion interne. De façon préférentielle, on utilise la tension fournie par la batterie qui a une tension plus élevée (par exemple 40 V) que la tension usuelle de 12 V du réseau embarqué. En mode de générateur, la machine électrique 100 génère de l'énergie et le cas échéant freine le véhicule.

La figure 2 montre un système de récupération d'un véhicule automobile à la base de la présente invention ; ce système est présenté sous la forme d'un schéma portant globalement la référence 200. Le système de récupération 200 comprend une machine électrique 201, notamment une machine électrique 100 comme celle de la figure 1.

Dans une partie A, le système de récupération 200 travaille à une tension plus élevée (par exemple 40 V) que la tension usuelle du réseau embarqué ; dans la zone B, le système travaille à la tension usuelle du réseau embarqué (par exemple 12 V). La tension plus élevée est dans tous les cas inférieure à la tension de contact autorisée, c'est-à-dire environ 60 V de sorte qu'il n'y a pas lieu de prendre des mesures de protection compliquées, mais la machine électrique 201 pourra fournir un couple moteur plus élevé. Les régions A et B sont couplées par des convertisseurs continu/continu 204.

Dans la région A on a une batterie sous la forme d'une batterie "haute tension" 202 qui alimente par exemple la machine 201 en mode de fonctionnement en moteur. D'éventuels utilisateurs de haute tension 203 sont également installés dans la région A.

La région B a une batterie 205 pour une tension "normale" et qui alimente la région B dans les séquences dans lesquelles la machine 201 ne fonctionne pas comme générateur. Des utilisateurs possibles 206, 207 sont également prévus dans la région B.

En mode générateur, la machine 201 alimente les régions A et B et charge les batteries 202 et 205.

Selon le mode de fonctionnement de la machine électrique, on prédéfinit le courant d'excitation dans le cadre de l'invention.

La figure 3 montre la relation entre les modes de fonctionnement allant du premier mode au septième mode et l'état de charge de la batterie SOC en % selon une réalisation préférentielle de l'invention pour les modes de fonctionnement listés dans la partie avant

du tableau. Dans le cas de plusieurs batteries comme cela est par exemple représenté à la figure 2, l'état de charge des batteries est avantageusement celui de la batterie qui est en cours de charge ou de celle qui alimente la machine électrique.

5 La sélection du mode de fonctionnement à utiliser se fait avantageusement pour recueillir le maximum d'énergie de freinage. Le choix du mode de fonctionnement utilisé se fait notamment en tenant compte des priorités et des valeurs de seuil définies pour la vitesse de rotation de la machine, le couple souhaité, la température et l'état de
10 charge SOC. Le courant d'excitation est alors prédéfini de manière correspondante par le mode de fonctionnement sélectionné.

 La figure 3 montre également les seuils de charge. Le premier seuil de charge correspond par exemple à 40 % (voir la limite inférieure, mode 3), le second 50 % (voir la limite inférieure, mode 4) et
15 le troisième à environ 37 % (voir la limite inférieure, cinquième mode 5).

NOMENCLATURE

	10	composant générateur
	11	enroulement de stator
5	12	enroulement de rotor/enroulement d'excitation
	13	commutateur de puissance
	15	régulateur de champ
	19	entrée de phase
	20	composant redresseur
10	21	transistor MOSFET
	24, 24'	borne de branchement
	25	installation de commande
	26	canaux de commande
	27	canaux de phase
15	100	machine électrique
	200	système de récupération
	201	machine électrique
	202	batterie haute tension
	203	utilisateur de haute tension électrique
20	204	convertisseur continu/continu
	205	batterie pour la tension normale
	206, 207	consommateur possible

REVENDICATIONS

1°) Procédé de gestion d'une machine électrique (100, 201) couplée à un moteur à combustion interne dans un véhicule automobile selon lequel,

- la machine électrique comporte un enroulement de stator (11), un enroulement de rotor (12), un régulateur de champ (15) sur l'enroulement de rotor (12) et un redresseur (20) en aval de l'enroulement de stator (11) avec des éléments de commutation commandée (21),
- le courant d'excitation dans l'enroulement de stator (12) est prédéfini selon le mode de fonctionnement instantané de la machine électrique,
- la machine électrique (100, 201) fonctionne comme générateur dans un premier mode de fonctionnement (sixième mode) pour freiner le véhicule, et
- on stocke l'énergie de freinage récupérée.

2°) Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

dans le premier mode de fonctionnement en générateur (sixième mode), on prédéfinit le courant d'excitation en fonction du couple de freinage demandé et/ou de la vitesse de rotation de la machine électrique.

3°) Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce qu'

on prédéfinit le mode de fonctionnement de la machine électrique (100, 201) selon l'état de charge d'une batterie à charger (202, 205).

4°) Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce qu'

on fait fonctionner la machine électrique (100, 201) comme moteur pour fournir un couple moteur au moteur à combustion interne.

5°) Procédé selon la revendication 4,

caractérisé en ce qu'

en mode de fonctionnement en moteur (premier mode), on fixe le courant d'excitation à la valeur maximale.

6°) Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que
dans le second mode de fonctionnement en moteur (deuxième mode), on
fixe le courant d'excitation en fonction d'au moins l'une des grandeurs
5 suivantes : vitesse de rotation de la machine électrique, couple de con-
signe prédéfini, tension de stator, courant de stator température de la
machine électrique.

7°) Procédé selon la revendication 1,
10 caractérisé en ce que
dans le second mode de fonctionnement en générateur (troisième mode)
pour une vitesse de rotation de la machine électrique (100, 201) infé-
rieure à un seuil de vitesse de rotation, on prédéfini le courant d'excita-
tion en fonction de l'état de charge d'une batterie (202, 205) à charger,
15 pour ne pas charger la batterie au-delà d'un premier seuil de charge.

8°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
dans un troisième mode de fonctionnement en générateur (quatrième
20 mode) pour lequel la vitesse de rotation de la machine électrique (100,
201) est supérieure à un seuil de vitesse de rotation, on prédéfini le
courant d'excitation en fonction de l'état de charge d'une batterie à
charger (202, 205) pour ne pas charger la batterie au-delà d'un second
seuil de charge.

25 9°) Procédé selon les revendications 7 et 8,
caractérisé en ce que
le second seuil de charge est supérieur au premier seuil de charge.

30 10°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
on prédéfini le courant d'excitation dans un mode de fonctionnement
en générateur selon une courbe caractéristique I-U, prédéfinie, d'une
batterie à charger (202, 205).

11°) Procédé selon la revendication 10,
caractérisé en ce qu'
on prédéfinit le courant d'excitation pour ne pas dépasser un seuil su-
périeur de température de la batterie à charger (202, 205).

5

12°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
dans un quatrième mode de fonctionnement en générateur (cinquième
mode), le courant d'excitation est prédéfini pour qu'en rotation, l'enrou-
lement de rotor (12) n'induisse aucun courant dans l'enroulement de sta-
tor (11).

10

13°) Procédé selon la revendication 12,
caractérisé en ce qu'
on fait fonctionner la machine électrique seulement dans le quatrième
mode de fonctionnement en générateur (cinquième mode) si l'état de
charge d'une batterie (202) alimentant la machine électrique (100, 201)
dépasse un troisième seuil de charge inférieur.

15

14°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
dans un mode de fonctionnement avec coupure (septième mode), on
coupe le courant d'excitation.

20

15°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
on fait fonctionner la machine électrique (10) dans un mode de fonc-
tionnement en moteur (premier mode, deuxième mode) avec une tension
supérieure à la tension usuelle du réseau embarqué, de préférence
entre 12 V et 60 V et notamment supérieure à 30 V.

25

30

16°) Unité de calcul conçue pour mettre en œuvre un procédé de gestion
d'une machine électrique (100, 201) couplée à un moteur à combustion
interne dans un véhicule automobile selon l'une quelconque des reven-
dications 1 à 15,

35

- la machine électrique comportant un enroulement de stator (11), un enroulement de rotor (12), un régulateur de champ (15) sur l'enroulement de rotor (12) et un redresseur (20) en aval de l'enroulement de stator (11) avec des éléments de commutation commandée (21), et
5 le courant d'excitation dans l'enroulement de stator (12) étant prédéfini selon le mode de fonctionnement instantané de la machine électrique,
- la machine électrique (100, 201) fonctionnant comme générateur dans un premier mode de fonctionnement en générateur (sixième
10 mode) pour freiner le véhicule, et on stocke l'énergie de freinage récupérée.

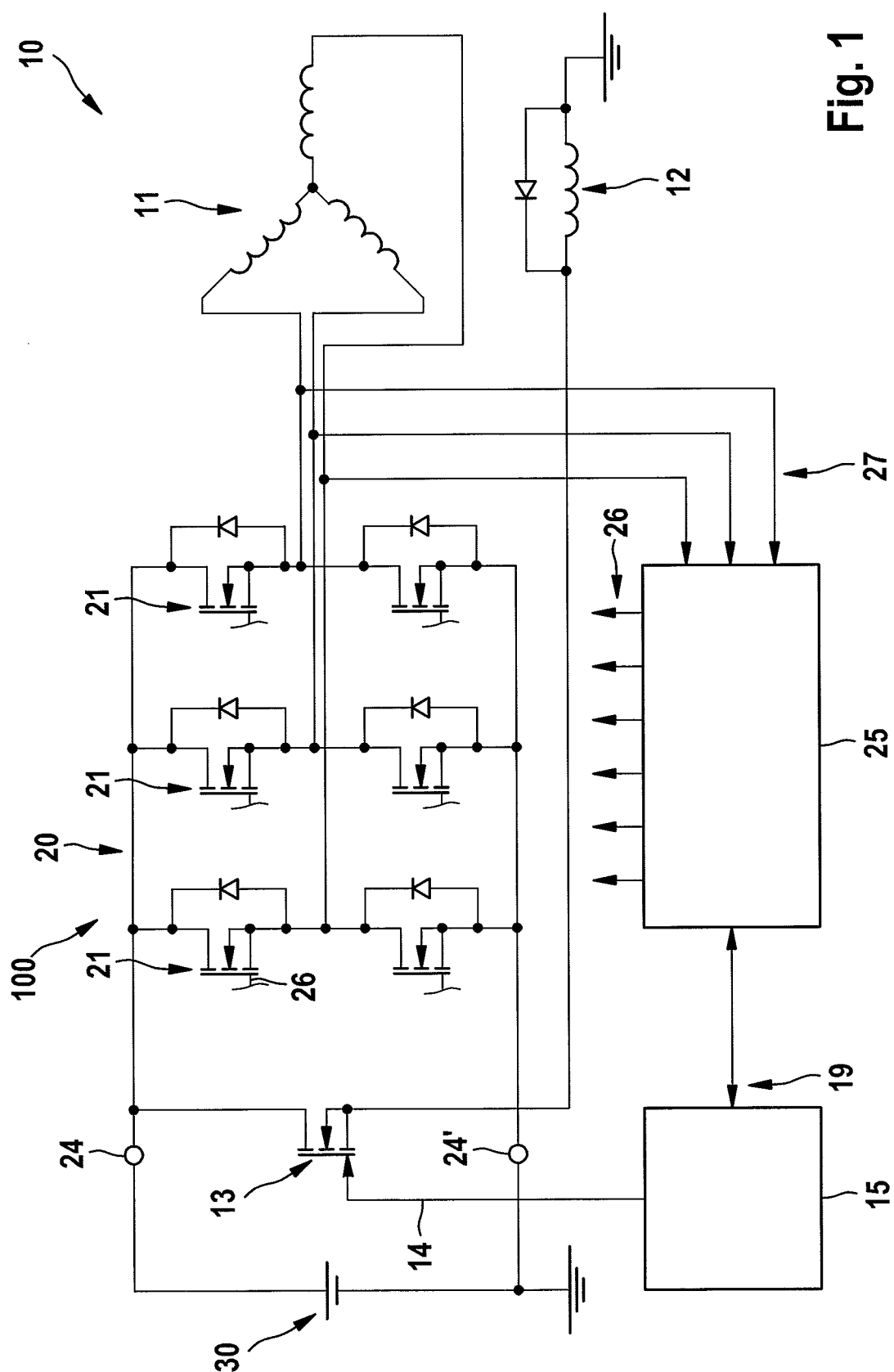


Fig. 1

2/3

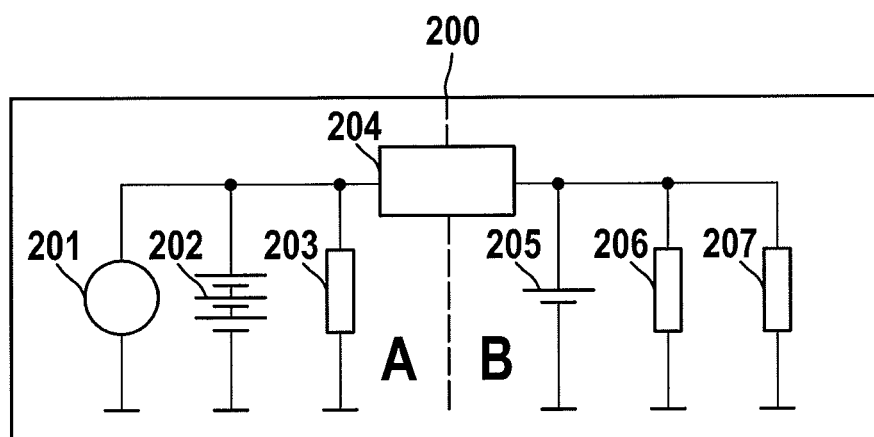


Fig. 2

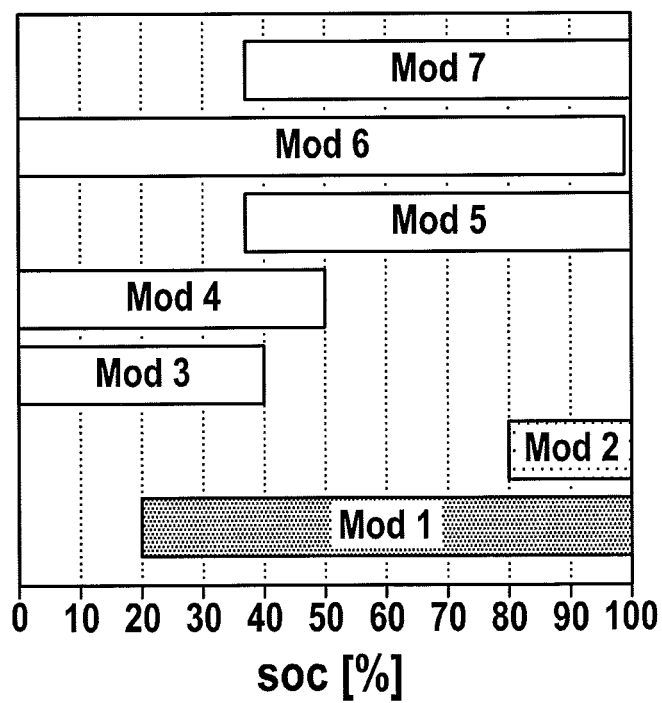


Fig. 3

Nature	Fonctionnement en moteur				Fonctionnement en générateur				Option arrêt
	0	1	2		3	4	5	6	
Mode N°	1. Mode de fonctionnement en moteur	1. Mode de fonctionnement en moteur	2. Mode de fonctionnement en moteur		2. Mode de fonctionnement en générateur	3. Mode de fonctionnement en générateur	4. Mode de fonctionnement en générateur	1. Mode de fonctionnement en générateur	Mode arrêt de fonctionnement
Priorité		1	7		6	5	4	2	3
Mode	Marche	Marche/arrêt	Renforcement		HSS	AGLR	AGLR couple électrique nul	AGLR frein électrique	Roue libre
					Batterie, E-charge	Batterie, E-Charge			
Condition	Gestion moteur	Gestion moteur & charge	Gestion moteur & charge		Gestion charge	Gestion charge	Gestion moteur & charge	Gestion moteur & charge	Gestion moteur & charge
	(n < nstart)	(n < nstart)	n_min < n < n_max		(n < 3000 T/min)	(n > 3000 T/min)	(Accélération)	(Freinage) & (n > nREKU)	(n > 3000 T/min)
IErr = f(x)	IErr_lim	IErr_lime	nG, Id/Iq,T, UG		Caractéristique UI-	Caractéristique UI- IG, nG, T, UG	IErr = 0	Caractéristique UI-	IErr = 0
					(IErr_lim)				
Grandeur de régulation	IPhase_Max	IPhase_Max	IG_Max		IG, UG	IG, UG		IG, UG	
					IPhase_Max				

Fig. 4