

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
5 juillet 2007 (05.07.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/074268 A2

(51) Classification internationale des brevets :
H02M 1/12 (2006.01) *H02M 7/48* (2007.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/051347

(22) Date de dépôt international :
13 décembre 2006 (13.12.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
05/13296 23 décembre 2005 (23.12.2005) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : VALEO
EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR [FR/FR];
2, rue André-Boulle, F-94046 Creteil (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : SARDAT,
Pierre [FR/FR]; 47 allée de Montfermeil, F-93340 Le
Raincy (FR).

(74) Mandataire : DE LAMBILLY, Marie-Pierre; VALEO
EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR, 2, rue An-
dré-Boulle, F-94046 Creteil (FR).

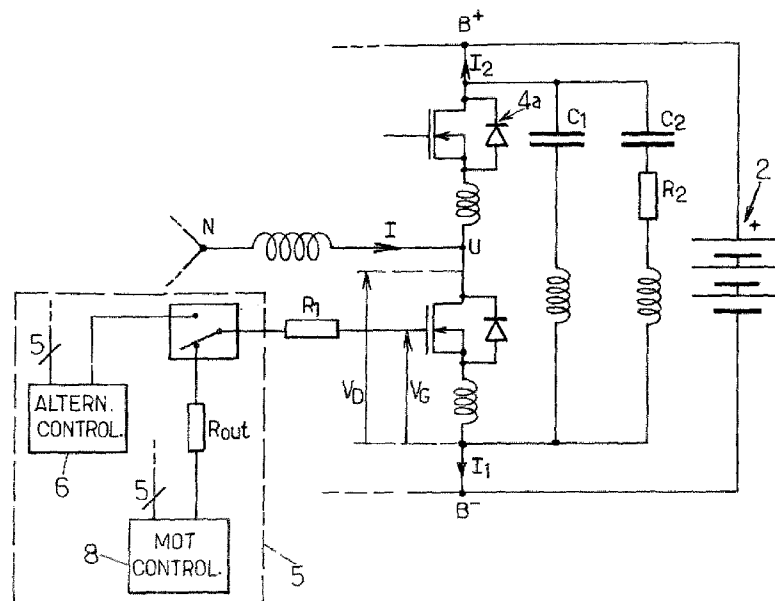
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KM, KN, KP, KR,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

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ROTATING ELECTRICAL MACHINE WITH DECOUPLED PHASES

(54) Titre : MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE A PHASES DECOUPLEES



(57) Abstract: The invention relates to a rotating electrical machine comprising an electromechanical group with n phases which is adapted in such a way as to convert electrical power into mechanical power, and a static converter circuit which is used to supply the electrical power and comprises n pairs of switching circuits mounted in series. Each pair is coupled to a respective phase of the electromechanical group. A first capacitive decoupling element (C1) is connected in parallel to each respective pair of switching circuits (4a, 4d), and a damping circuit comprising a resistive element (R2) and a second capacitive element (C2) is connected in parallel to the first decoupling capacitive element of each respective pair of switching circuits.

[Suite sur la page suivante]

WO 2007/074268 A2



RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Une machine électrique tournante comprend un ensemble électromécanique avec n phases, adapté pour convertir une puissance électrique en une puissance mécanique, et un circuit onduleur pour délivrer la puissance électrique comprenant n paires de circuits de commutation montés en série l'un avec l'autre. Chaque paire est couplée à une phase respective de l'ensemble électromécanique. Un premier élément capacitif de découplage (C1) est connecté en parallèle avec chaque paire respective de circuits de commutation (4a, 4d), et un circuit d'amortissement, comportant un élément résistif (R2) et un second élément capacitif (C2), est connecté en parallèle avec le premier élément capacitif de découplage de chaque paire respective de circuits de commutation.

MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE À PHASES DECOUPLEES

La présente invention est relative aux machines électriques tournantes, notamment aux alerno-démarreurs utilisés par exemple dans des véhicules automobiles.

5 Plus particulièrement, l'invention concerne une machine électrique tournante comprenant un ensemble électromécanique adapté pour convertir une puissance électrique sous la forme d'un courant alternatif, en une puissance mécanique. Cet ensemble comprend un nombre n de
10 phases, où n est au moins égal à 2, un circuit onduleur adapté pour délivrer ledit courant alternatif et comprenant n paires de circuits de commutation montés en série l'un avec l'autre, chaque paire étant couplée à une phase respective de l'ensemble électromécanique.

15 Il est connu d'employer de telles machines tournantes, notamment dans le cadre de machines réversibles de type alerno-démarreurs. Dans une machine électrique tournante de ce type, l'ensemble électromécanique comprend par exemple un moteur synchrone à n phases, un circuit de
20 commutation formant circuit onduleur, et un circuit de commande pour commander le circuit de commutation. Le moteur synchrone comprend un stator avec une pluralité de phases formées par des enroulements, et un rotor monté mobile par rapport au stator et comprenant par exemple un
25 aimant permanent.

Lors de l'utilisation d'une machine de ce type en mode démarreur, le circuit de commutation convertit une puissance électrique continue, délivrée par une batterie d'un véhicule, en une puissance électrique alternative. A
30 partir de cette puissance électrique alternative, le stator génère un champ magnétique tournant, pour générer un couple mécanique fourni au moteur lors du démarrage. Il est souhaitable de produire un couple important dans ce mode de fonctionnement.

35 Cependant, la commande des circuits de commutation peut être perturbée par des signaux électromagnétiques,

pouvant provoquer un dysfonctionnement de la commande du moteur. Ces perturbations électromagnétiques peuvent être générées par d'autres appareils fonctionnant au voisinage de la machine électrique tournante.

5 En outre, la machine électrique tournante peut elle aussi produire des perturbations électromagnétiques, qui peuvent s'avérer gênantes pour les autres appareils de l'environnement.

10 Il est donc souhaitable que les appareils de ce type respectent les relations à la norme CEM (Compatibilité ElectroMagnétique).

15 La présente invention a notamment pour but de pallier les inconvénients précités en fournissant une machine électrique tournante moins sensible aux perturbations électromagnétiques.

20 A cet effet, selon des modes de réalisation de l'invention, une machine électrique tournante du type en question comporte un premier élément capacitif qui est connecté en parallèle avec chaque paire respective de circuits de commutation et un circuit d'amortissement, comprenant un élément résistif et un second élément capacitif, qui est connecté en parallèle avec le premier élément capacitif de chaque paire respective de circuits de commutation.

25 Grâce à ces dispositions, on assure un découplage des circuits de commutation de chaque phase. La machine électrique tournante est ainsi mieux protégée des agressions électromagnétiques et peut donc être utilisée dans un environnement plus exigeant. De plus, les
30 composantes hautes fréquences du courant sont lissées par l'intermédiaire de ces capacités, résultant ainsi en une diminution de l'amplitude des harmoniques qui peuvent perturber les appareils à proximité (CEM conduite et rayonnée).

35 La capacité de ce premier élément capacitif forme un circuit oscillant accordé avec l'inductance des éléments

conducteurs, notamment l'inductance des câbles reliant la batterie au circuit onduleur. Pour amortir des oscillations à l'intérieur de ce circuit oscillant provoquées notamment par des chutes de tension à la commutation, le circuit d'amortissement est couplé en parallèle avec chaque premier élément capacitif. La résistance de l'élément résistif du circuit d'amortissement est choisie pour amortir de manière optimale ces oscillations.

Une première fonction du second élément capacitif est d'empêcher qu'un courant d'alimentation qui est continu ne soit dissipé en permanence par la résistance du circuit d'amortissement. En effet, la capacité joue un rôle d'interrupteur ouvert pour un courant continu, empêchant la conduction au travers de l'élément résistif.

Conformément à un mode de réalisation de l'invention, la capacité du second élément capacitif est sensiblement supérieure à la capacité du premier élément capacitif.

En effet, comme la capacité du second élément capacitif est supérieure à la capacité du premier élément capacitif, celle-ci conduit le courant pour des fréquences plus basses que la fréquence de résonance du circuit oscillant parasite. En conséquence, le premier élément capacitif est shunté pour amortir les oscillations au moyen de la résistance de l'élément résistif.

Plus précisément, la valeur de la capacité du second élément capacitif est par exemple sensiblement égale ou supérieure au triple de la capacité du premier élément capacitif de découplage. Il a en effet été établi que cela constitue un bon compromis entre la taille des composants et l'efficacité de shunt à haute fréquence du premier élément capacitif.

Selon une variante de l'invention, le circuit onduleur est couplé à une source de courant continu par l'intermédiaire d'éléments conducteurs, lesdits éléments conducteurs présentant une inductance interne parasite.

Le circuit d'amortissement et le premier élément capacitif forment avec les conducteurs un circuit oscillant. L'élément résistif du circuit d'amortissement est adapté pour atténuer les oscillations au sein dudit
5 circuit oscillant

On choisit donc la résistance de l'élément résistif en fonction des valeurs des inductances parasites et des capacités, de telle sorte que le circuit oscillant soit amorti de manière optimale.

10 Avantageusement, on peut choisir la résistance de l'élément résistif sensiblement égale à $\sqrt[4]{\frac{L^2}{C_1 C_2}}$

où L est la somme des inductances parasites des conducteurs électriques,

où C1 est la capacité du premier élément capacitif,

15 où C2 est la capacité du second élément capacitif.

En effet, on se place ainsi au niveau de la moyenne géométrique des fréquences de résonance propres de chaque élément capacitif couplé aux inductances parasites. L'amortissement est optimal pour des valeurs proches de
20 cette moyenne.

Avantageusement, la machine électrique tournante peut comprendre en outre un circuit de commande avec n paires de sorties pour commander les n paires de circuits de commutation respectives, et le circuit de commande peut
25 comprendre au moins un élément résistif de sortie connecté auxdites sorties.

Cela permet de limiter la vitesse de variation de la tension aux bornes des éléments capacitifs. En effet, au cours de la commutation, de fortes variations de tension
30 sont subies par les capacités, ce qui provoque le passage de forts courants. Afin de limiter ces courants, on ralentit la commutation de l'état passant à l'état bloqué et inversement. Cela a pour avantage de permettre l'emploi de composants de faible taille, notamment l'utilisation de
35 condensateurs céramiques. On diminue en conséquence la

taille totale du circuit de commande, qui peut être véritablement incorporé au moteur. Cependant, on relève des pertes par commutation supérieures en raison du temps de commutation plus long.

5 Suivant une variante de réalisation, chaque élément résistif de sortie forme avec des capacités parasites du circuit de commutation correspondant un circuit RC ayant une constante de temps donnée. La valeur de l'élément résistif est alors telle que ladite constante de temps est
10 sensiblement 5% d'une période minimale du courant alternatif.

 Ce compromis permet en fait de réduire fortement la taille des éléments capacitifs sans toutefois subir des pertes par commutation trop importantes pour les circuits
15 de commutation.

 De même, chaque élément résistif de sortie forme avec des capacités parasites du circuit de commutation correspondant un circuit RC ayant une constante de temps donnée. La valeur de l'élément résistif est alors telle
20 qu'une variation maximale de tension aux bornes du premier élément capacitif est sensiblement inférieure à 5V/ μ s. Cela permet notamment l'emploi de condensateurs céramiques, dont la dimension est faible, et qui suffisent pour assurer le découplage électromagnétique de manière efficace.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante d'un de ses modes de réalisation, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins joints.

 Sur les dessins :

- 30 - la figure 1 est un schéma simplifié d'une machine électrique tournante conforme à l'invention ;
- la figure 2 est un schéma électrique d'une phase de la machine électrique tournante de la
35 figure 1 ; et
- la figure 3 est un chronogramme représentant

l'évolution de signaux lors d'une commutation dans la phase de la figure 2.

Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

5 Comme représenté sur la figure 1, une machine électrique tournante 1 est alimentée par une source de tension continue, par exemple une batterie 2. La machine électrique tournante 1 comprend un ensemble électromécanique 3, adapté pour convertir une puissance
10 électrique en une puissance mécanique. Dans l'exemple illustré, il s'agit d'un moteur synchrone triphasé 3 ($n = 3$). Éventuellement, ce moteur peut être utilisé en alternateur, notamment si la machine électrique tournante 1 est un alterno-démarrreur.

15 De plus, la machine électrique tournante 1 comprend un circuit onduleur triphasé 4, couplé d'une part à la batterie 2 par l'intermédiaire des bornes B+ et B-, et d'autre part au moteur triphasé 3 par l'intermédiaire des phases U, V, W. Dans l'exemple illustré, les enroulements
20 statoriques sont montés en étoile, c'est-à-dire qu'ils ont une borne commune, le neutre N. Cependant, la structure en triangle peut également être utilisée. De même, le nombre de phases peut être différent. On préfère cependant un nombre de phases impair.

25 L'onduleur 4 comporte six circuits de commutation 4a à 4f. Chaque paire de circuits de commutation est couplée à une phase respective au niveau d'une borne commune. Ainsi, la paire 4a-4d a une borne commune U connectée à l'enroulement U du stator. De même, la paire
30 4b-4e a une borne commune V connectée à l'enroulement V du stator, et la paire 4c-4f a une borne commune W connectée à l'enroulement W du stator.

Pour simplifier l'étude de l'invention, on se limitera à l'étude d'une commutation d'une phase, par
35 exemple la phase U avec sa paire de circuits de commutation

correspondante 4a-4d. La figure 2 représente de manière simplifiée la paire de circuits de commutation 4a-4d, avec une partie du circuit de commande 5 du circuit de commutation 4d. Chaque circuit de commutation comprend un circuit de commande semblable qui n'a pas été représenté pour plus de clarté.

Dans l'exemple représenté, les circuits de commutation 4a et 4d sont des transistors MOSFETs (pour Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors). Le circuit de commande est adapté pour une commande de l'ensemble électromécanique en mode alternateur avec le bloc de commande d'alternateur 6 (ALTERN. CONTROL.) et une commande en mode moteur avec le bloc de commande en mode moteur 8 (MOT. CONTROL.). Le signal de commande est par exemple multiplexé par un multiplexeur 7 à deux entrées. Un élément résistif de sortie R_{out} peut être connectée entre le bloc de commande en moteur 8 et le multiplexeur 7. Le circuit de commande 5 est couplé est avec la grille du transistor 4d par l'intermédiaire d'un résistor R_1 .

Conformément à d'autres modes de réalisation de l'invention, en parallèle à la paire de MOSFETs 4a et 4d est connectée un premier élément capacitif C_1 . Cet élément capacitif permet de découpler les phases et les branches d'alimentation connectées aux bornes B+ et B-. Ainsi, la machine électrique tournante 1 est moins sensible aux perturbations électromagnétiques qui pourraient causer un dysfonctionnement des MOSFETs 4a et 4d. En effet, sans cette capacité de découplage qui « absorbe » les hautes fréquences, une perturbation électromagnétique peut modifier un potentiel de référence, par exemple le potentiel au point B+, causant alors la commutation de 4a. Dans notre exemple, on a choisi la capacité C_1 sensiblement égale à 220nF.

Cependant, le premier élément capacitif C_1 forme avec l'inductance parasite totale L des éléments

conducteurs, modélisée par les bobines représentées sur la figure 2, un circuit oscillant, avec une fréquence de résonance environ égale à $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$. Pour amortir ce circuit

oscillant, on place en parallèle à cette capacité un élément résistif R_2 .

Ensuite, afin d'éviter que cet élément résistif R_2 ne shunte de manière permanente la paire de MOSFETs, un élément capacitif C_2 est placé en série avec cette résistance. En effet, tandis qu'un courant continu provoque la charge de cet élément capacitif, bloquant cette branche du circuit, un courant alternatif peut passer au travers de cet élément capacitif C_2 et être dissipé ou amorti dans la résistance de l'élément résistif R_2 .

On peut ainsi amortir les oscillations produites par le circuit oscillant LC_1 en choisissant la capacité du second élément capacitif de sorte que celle-ci soit supérieure à celle du premier élément capacitif C_1 . De préférence, on choisit la capacité C_2 sensiblement égale au triple de la capacité C_1 , soit dans notre exemple 680 nF. En effet, dans ce cas, le second élément capacitif C_2 se comporte sensiblement comme un interrupteur fermé pour un courant alternatif proche de la fréquence de résonance du circuit oscillant LC_1 .

Alors, l'élément résistif R_2 amortit les oscillations produites dans ce circuit oscillant. Pour optimiser cet effet d'amortissement, on choisit la résistance R_2 sensiblement égale à $\sqrt{\frac{L^2}{C_1 C_2}}$. Ainsi, lors de

chaque commutation, les dépassements provoqués par les oscillations sont d'une amplitude qui devient si faible que ces oscillations ne peuvent provoquer une commutation parasite de l'un des MOSFETs 4a et 4d. De plus, le régime permanent est atteint rapidement.

La figure 3 est un chronogramme montrant

l'évolution de différentes tensions et courants du circuit de la figure 2 lors du passage de l'état passant à l'état bloqué du MOSFET 4d. A l'état initial t_0 , le transistor 4a est à l'état bloqué et le transistor 4d est à l'état passant. A l'instant t_1 , le circuit de commande impose un signal bas à la sortie connectée à la grille du MOSFET 4d. La tension de la grille V_G commence alors à décroître avec une constante de temps qui est fonction des capacités parasites du MOSFET 4d et des résistances R_1 et R_{out} .

Lorsque cette tension V_G atteint un premier seuil, à l'instant t_2 , cette tension diminue plus lentement. On appelle ce phénomène le « Plateau Miller », dont la durée T_1 dépend des résistances R_1 et R_{out} et des capacités parasites du MOSFET. Durant le « parcours » de ce plateau, la résistance interne du MOSFET 4d commence à augmenter, et le MOSFET 4d fonctionne en mode de conduction linéaire. Comme le courant I en provenance de l'enroulement statorique de la phase U ne peut varier rapidement, en raison de l'inductance de cet enroulement, la tension de drain V_D du MOSFET 4d augmente avec l'augmentation de la résistance interne du transistor.

Lorsque la tension V_D atteint le potentiel d'alimentation B+ à l'instant t_3 , la diode de body du MOSFET 4a devient passante et le courant en provenance du stator commence à traverser cette diode. En conséquence, le courant I_1 dans le MOSFET 4d diminue, et l'inductance parasite des éléments conducteurs cause une variation négative du potentiel de référence B-. Cette variation est dangereuse car c'est sur cette référence que le circuit de commande est connecté.

A l'instant t_4 , les surtensions sont établies, et le MOSFET 4d est en mode claquage et reste dans ce mode de conduction le temps que l'énergie stockée dans les inductances parasites du circuit entre l'onduleur 4 et la batterie 2 (figure 1) soit dissipée dans les transistors.

Au cours de cette commutation, la tension aux bornes des éléments capacitifs C_1 et C_2 varie rapidement. Cela a pour conséquence directe la formation d'un courant important dans ces composants. Afin de limiter ce courant, on place l'élément résistif R_{out} , de sorte que cette résistance supplémentaire entraîne l'augmentation de la constante de temps du déchargement des capacités parasites du MOSFET 4d. Cela a notamment pour conséquence l'allongement de la durée T_1 du plateau Miller. Par conséquent, la valeur maximale de $(\frac{dV}{dt})$ où V est la tension aux bornes de l'élément capacitif, peut être limitée. Dans cet exemple de réalisation, cette valeur maximale est d'environ 5V/ μ s. Cette valeur permet d'utiliser des condensateurs céramiques, dont la taille est plus faible, ce qui permet une meilleure intégration de l'ensemble du circuit de commande.

De plus, la limitation de la variation de la tension permet d'éviter des surintensités importantes, allongeant de ce fait la durée de vie du circuit complet.

Cependant, en allongeant ainsi le plateau Miller, on ralentit la commutation, ce qui entraîne des pertes par commutation plus importantes. Néanmoins, dans ce mode de fonctionnement en moteur, le but principal est de fournir un couple important pour démarrer un moteur thermique. Comme l'élément résistif est placé entre le multiplexeur 7 et le circuit de commande en mode moteur 8, cet allongement du temps de commutation d'intervient pas en mode alternateur, au cours duquel on cherche à avoir un rendement énergétique optimal.

Avec cette structure, on peut garder les performances optimales de conversion de la puissance mécanique en puissance électrique en mode alternateur et on peut de plus assurer un bon découplage dans les deux modes démarreur et alternateur.

REVENDEICATIONS

1. Machine électrique tournante (1) comprenant :
- un ensemble électromécanique (3) adapté pour
5 convertir une puissance électrique sous la forme d'un
courant alternatif, en une puissance mécanique, et
comprenant n phases, où n est au moins égal à 2,
 - un circuit onduleur (4) adapté pour délivrer ledit
courant alternatif comprenant un nombre n de paires de
10 circuits de commutation (4a-4f) montés en série l'un avec
l'autre, chaque paire étant couplée à une phase respective
(U,V,W) de l'ensemble électromécanique,
caractérisée en ce qu'un premier élément capacitif de
découplage (C1) est connecté en parallèle avec chaque paire
15 respective de circuits de commutation (4a-4f) ; et,
en ce qu'un circuit d'amortissement, comportant un élément
résistif (R2) et un second élément capacitif (C2), est
connecté en parallèle avec le premier élément capacitif de
découplage de chaque paire respective de circuits de
20 commutation.
2. Machine électrique tournante selon la revendication
1, dans laquelle la capacité (C2) du second élément
capacitif est sensiblement supérieure à la capacité du
25 premier élément capacitif.
3. Machine électrique tournante selon la revendication
2, dans laquelle la valeur de la capacité (C2) du second
élément capacitif est sensiblement égale ou supérieure au
30 triple de la capacité (C1) du premier élément capacitif de
découplage.
4. Machine tournante selon l'une quelconque des
revendications précédentes, dans laquelle le circuit
35 onduleur (4) est couplé à une source de tension continue
(2) par l'intermédiaire d'éléments conducteurs, lesdits

éléments conducteurs présentant une inductance interne parasite, dans laquelle le circuit d'amortissement et le premier élément capacitif forment avec les conducteurs un circuit oscillant, la valeur de l'élément résistif (R2) du circuit d'amortissement étant adaptée pour atténuer les oscillations au sein dudit circuit oscillant.

5. Machine électrique tournante selon la revendication 4, dans laquelle la résistance de l'élément résistif est sensiblement égale à $\sqrt[4]{\frac{L^2}{C_1 C_2}}$

où L est la somme des inductances parasites des conducteurs électriques,

où C1 est la capacité du premier élément capacitif,

où C2 est la capacité du second élément capacitif.

15

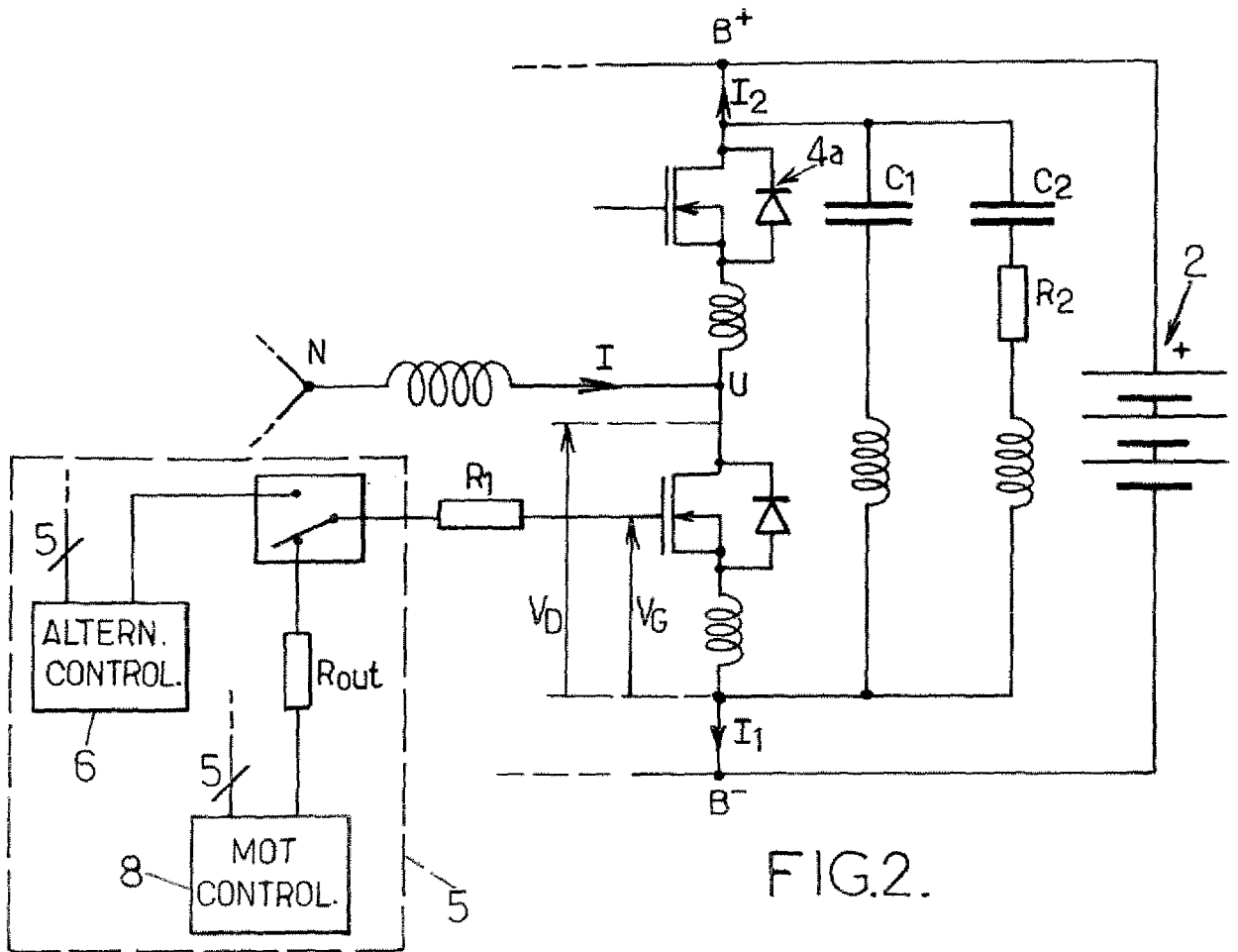
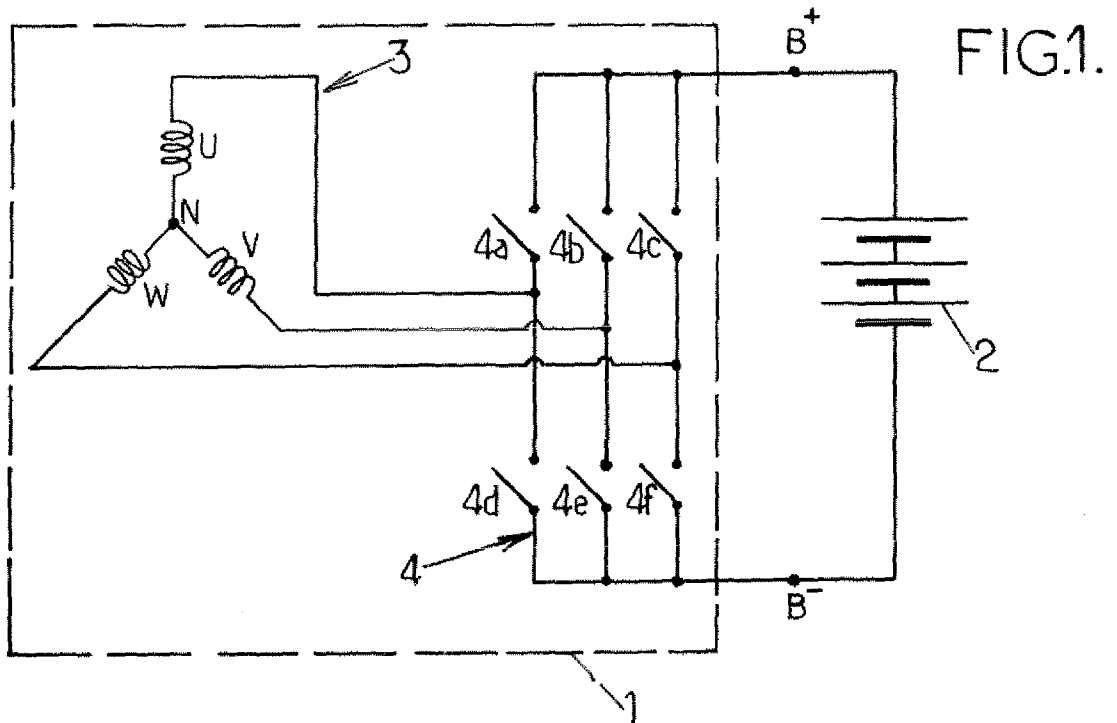
6. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre un circuit de commande (8) avec n paires de sorties pour commander les n paires de circuits de commutation, respectivement, et dans laquelle le circuit de commande comprend au moins un élément résistif de sortie (R_{out}) connecté auxdites sorties.

7. Machine électrique tournante selon la revendication 6, dans laquelle chaque élément résistif de sortie forme avec des capacités parasites du circuit de commutation (4d) correspondant un circuit RC ayant une constante de temps donnée, et dans laquelle la valeur de l'élément résistif est telle que ladite constante de temps est sensiblement supérieure à environ 5% d'une période maximale du courant alternatif.

8. Machine électrique tournante selon la revendication 6 ou la revendication 7, dans laquelle chaque élément résistif de sortie forme avec des capacités parasites du

35

circuit de commutation (4d) correspondant un circuit RC ayant une constante de temps donnée, et dans laquelle la valeur de l'élément résistif est telle qu'une variation maximale de tension aux bornes du premier élément capacitif
5 est sensiblement inférieure à environ $5V/\mu s$.



2/2

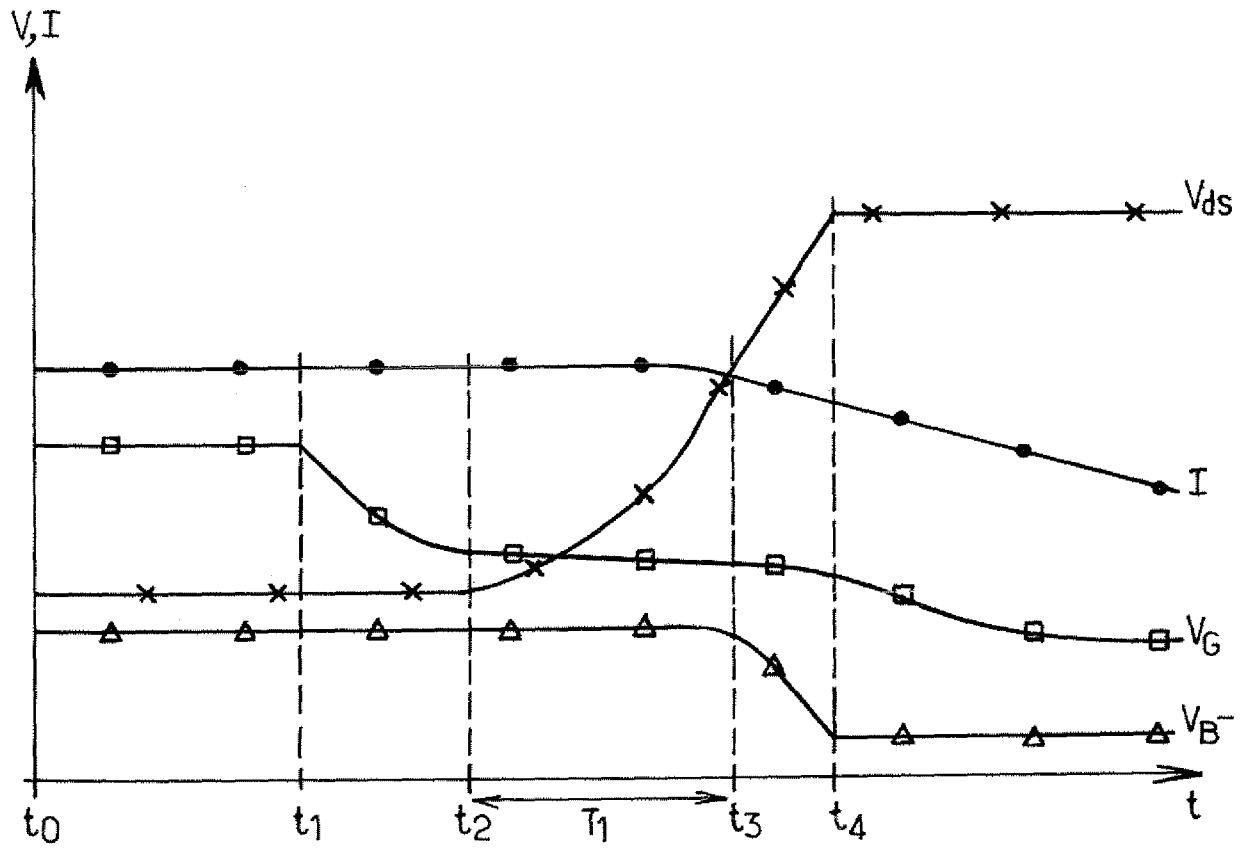


FIG.3.