

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 23.10.91.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 30.04.93 Bulletin 93/17.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : *Société dite: AUXILEC — FR.*

72 Inventeur(s) : *Amaud Georges et Jacques Claude.*

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : *M. Albert Grynwald.*

54 Chaîne de traction électrique intégrant la fonction moteur/générateur frein avec la fonction chargeur et/ou convertisseur.

57 Chaîne de traction électrique pour véhicules automobiles comprenant:

- au moins un générateur électrique, notamment électromécanique et/ou électrochimique;

- au moins une machine électrique réversible, et du type autosynchrone, comprenant:

* un stator pourvu d'au moins un enroulement polyphasé et d'un dispositif de commutation séquentielle d'une phase à l'autre pour la création d'un champ magnétique statorique tournant, et

* un rotor bobiné;

- au moins un chargeur embarqué;

- au moins un convertisseur du courant continu à tension élevée en un courant continu à basse tension destiné à l'alimentation et à la recharge d'une batterie de servitude classique.

Cette chaîne de traction électrique est caractérisée en ce que des moyens de commutation des enroulements statoriques et des principaux composants à semi-conducteurs de l'électronique de puissance de commande de la machine autosynchrone, - ces enroulements et ces composants étant nécessaires à son fonctionnement fondamental ou principal en moteur et en générateur frein -, assurent la reconfiguration desdits enroulements et desdits composants en au moins un mode de fonctionnement auxiliaire, corres-

pondant notamment audit chargeur et/ou audit convertisseur, permettant ainsi de réduire le nombre des enroulements et des composants à semi-conducteurs nécessaires pour l'accomplissement dudit fonctionnement auxiliaire.

Application à l'industrie des véhicules automobiles à traction électrique.

FR 2 682 920 - A1



**CHAINE DE TRACTION ELECTRIQUE INTEGRANT LA FONCTION
MOTEUR/GENERATEUR FREIN AVEC LA FONCTION CHARGEUR
ET/OU CONVERTISSEUR**

5

La présente invention est relative à une chaîne de traction électrique pour véhicules automobiles qui est une chaîne multi-fonctions intégrant la fonction principale de moteur/générateur et les fonctions auxiliaires de chargeur et convertisseur.

10

Dans le domaine de la technique de traction électrique de véhicules automobiles existe le problème majeur de réduire la quantité et le prix de revient de matière première mise en oeuvre ainsi que le nombre de composants électroniques utilisés pour le contrôle.

15

La présente invention s'est donc donné pour but de pourvoir à une chaîne de traction électrique pour véhicules automobiles qui répond mieux aux nécessités de la pratique que les chaînes de traction du même type, et visant au même but, antérieurement connues, notamment en ce qu'elle est :

20

- moins lourde,
- moins chère,
- plus efficace,
- plus fiable,

tout en répondant aux normes de réglementation, et en particulier aux normes de sécurité.

25

La solution du problème technique évoqué plus haut est définie par des moyens de commutation des enroulements statoriques du moteur électrique de la chaîne de traction électrique objet de la présente invention permettant à ces mêmes enroulements d'accomplir, selon le besoin, non seulement leur fonction principale de moteur/générateur, mais également les fonctions auxiliaires de chargeur et/ou convertisseur.

30

De façon plus précise, la présente invention a pour objet une chaîne de traction pour véhicule automobile, telle qu'une voiture, un camion, un bus, un scooter ou un vélo, comprenant :

- au moins un générateur électrique, notamment électromécanique - et constitué dans ce cas par un moteur thermique d'entraînement d'un générateur, en particulier à courant alternatif, - et/ou électrochimique, constitué par au moins un accumulateur et/ou au moins une pile à combustible ;
- au moins une machine électrique, qui est réversible, - à savoir susceptible de fonctionner comme moteur et générateur frein et, donc, d'assurer notamment la traction électrique dans le fonctionnement moteur -, et qui est du type auto-synchrone, comprenant :
 - * un stator pourvu d'au moins un enroulement polyphasé, comprenant un nombre donné d'enroulements statoriques ($E_1, E_2, E_3, E_4 ; e_1, e_2, e_3, e_4$), - qui correspondent aux différentes phases et qui sont décalés dans l'espace -, et d'un dispositif de commutation séquentielle d'une phase à l'autre permettant de générer un décalage dans le temps, - entre les courants destinés à circuler dans les différents enroulements statoriques -, nécessaire pour la création d'un champ magnétique statorique tournant , et
 - * un rotor bobiné, c'est-à-dire comprenant au moins un enroulement rotorique (E_5, E_6) destiné à être traversé par un courant continu de création d'un flux magnétique définissant le champ rotorique ;
- au moins un chargeur embarqué destiné à recharger au moins une batterie d'alimentation, principale ou auxiliaire (V_p) ;
- au moins un convertisseur du courant continu à tension élevée, correspondant à ladite batterie principale ou auxiliaire (V_p), en un courant continu à basse tension destiné à l'alimentation et à la recharge d'une batterie de servitude classique (V_s), dont la tension est notamment de 6 ou 12 V,

laquelle chaîne de traction électrique est caractérisée en ce que des moyens de commutation des enroulements statoriques (E_1, E_2, E_3, E_4) et des principaux

composants à semi-conducteurs de l'électronique de puissance de commande de la machine auto-synchrone, - ces enroulements et ces composants étant nécessaires à son fonctionnement fondamental ou principal en moteur et en générateur frein -, assurent la reconfiguration desdits enroulements et desdits composants en au moins
5 un mode de fonctionnement auxiliaire, correspondant notamment audit chargeur et/ou audit convertisseur, permettant ainsi de réduire le nombre des enroulements et des composants à semi-conducteurs nécessaires pour l'accomplissement dudit fonctionnement auxiliaire.

Selon un premier mode de réalisation avantageux de la chaîne de
10 traction électrique conforme à l'invention :

- le stator comporte un premier, un deuxième, un troisième et un quatrième enroulements (E_1 , E_2 , E_3 , E_4) connectés en étoile, qui sont décalés dans l'espace de $90/p$ degrés mécaniques, - $2p$ étant le nombre de pôles magnétiques de la machine auto-synchrone, - et qui
15 sont connectés deux à deux de manière à définir un premier et un deuxième groupes d'enroulements (E_1 , E_3 ; E_2 , E_4), dont le premier groupe comprend lesdits premier et troisième enroulements statoriques (E_1 , E_3), alors que le deuxième groupe comprend lesdits deuxième et quatrième enroulements (E_2 , E_4), en sorte que les
20 enroulements (E_1 , E_3) dudit premier groupe, ainsi que les enroulements (E_2 , E_4) dudit deuxième groupe, sont décalés entre eux de 180 degrés électriques, alors que les premier et deuxième enroulements (E_1 , E_2), ainsi que les troisième et quatrième enroulements (E_3 , E_4) sont décalés entre eux de 90 degrés
25 électriques ;
- les moyens de commutation précités comprennent un premier, un deuxième, un troisième et un quatrième hacheurs (a , A , b , B), qui sont montés en série respectivement avec lesdits premier, deuxième, troisième et quatrième enroulements statoriques (E_1 , E_2 , E_3 , E_4) et qui sont commandés séquentiellement deux à deux (a , A ; b , A ; b ,
30 B ; a , B) en commutation, - c'est-à-dire en commandant la commutation des premier et deuxième hacheurs (a , A), puis de la

commande des troisième et deuxième hacheurs (b, A), ainsi que des
troisième et quatrième hacheurs (b, B), suivie de la commutation des
premier et quatrième hacheurs (a, B) - pour permettre d'aiguiller
séquentiellement le courant statorique (Ist) dans les enroulements
5 satoriques combinés deux à deux, - c'est-à-dire respectivement dans
les premier et deuxième enroulements (E_1 , E_2), les troisième et
deuxième enroulements (E_3 , E_2), les troisième et quatrième
enroulements (E_3 , E_4), ainsi que dans les premier et quatrième
enroulements (E_1 , E_4) -, lesdits deuxième et quatrième hacheurs (A,
10 B) étant également commandés en modulation pour contrôler la
valeur dudit courant statorique.

Selon une disposition préférée de ce mode de réalisation, lesdits premier
et troisième hacheurs (a, b) sont des moyens de commutation bi-directionnels et
mécaniques réalisés à l'aide d'une bague (B_1) ainsi que d'une première et une
15 deuxième demi-bagues (B_2 , B_3), dont la première (B_2) est connectée
électriquement à la bague (B_1), alors que la deuxième demi-bague (B_3) est isolée
électriquement de la bague (B_1) ainsi que de la première demi-bague (B_2).

Selon une modalité avantageuse de cette disposition, lesdites bague (B_1)
et demi-bagues (B_2 , B_3) sont montées sur l'axe rotorique (x-x) de la machine auto-
20 synchrone et glissent respectivement sur un premier, un deuxième et un troisième
balais fixes (b_1 , b_2 , b_3).

Selon une variante avantageuse de cette modalité, lesdites bague (B_1) et
demi-bagues (B_2 , B_3) sont fixes et viennent en contact de glissement avec un balais
double (bt) tournant autour de l'axe rotorique, à l'intérieur desdites bague (B_1) et
25 demi-bagues (B_2 , B_3).

Selon une variante de réalisation de ladite disposition, lesdits premier et
deuxième hacheurs (a, b) sont des moyens de commutation bi-directionnels à semi-
conducteurs, et en ce qu'ils sont commandés par la détection de la position
angulaire du rotor par rapport au stator.

30 Selon une deuxième disposition, chacun desdits deuxième et quatrième
hacheur (A, B) est, en fonctionnement moteur et générateur frein, un moyen de
commutation bi-directionnel à semi-conducteur.

Selon une modalité avantageuse de cette deuxième disposition, chacun desdits deuxième et quatrième hacheurs (A, B) utilise une diode (d) en fonctionnement moteur, le contrôle du courant statorique (I_{st}) s'effectuant dans ce cas par un contrôle du courant rotorique (I_{ro}).

- 5 Selon d'autres dispositions avantageuses conformes à l'invention,
- dans le fonctionnement moteur, lesdits deuxième et quatrième hacheurs (A, B) sont protégés respectivement par une première et une deuxième diodes, dites de "roue libre" (d_1 , d_2) montées chacune en parallèle avec lesdits premier et deuxième enroulements (E_1 , E_2) et,

10 respectivement, lesdits troisième et quatrième enroulements (E_3 , E_4)
 - dans le fonctionnement générateur, l'inversion du sens de circulation du courant dans les enroulements statoriques (E_1 , E_2 , E_3 , E_4), par rapport au sens de circulation du courant dans le fonctionnement

15 moteur, est contrôlée respectivement par une troisième et une quatrième diodes (d_3 , d_4) montées chacune en série avec ledit deuxième enroulement (E_2) et, respectivement, ledit quatrième enroulement statorique (E_4) ;
 - le courant rotorique (I_{ro}) dans l'enroulement rotorique (E_5) est

20 contrôlé par un cinquième hacheur mono-directionnel (C) protégé par une cinquième diode (d_5).

Selon un autre mode de réalisation préféré de la chaîne de traction électrique conforme à l'invention,

- les moyens de commutation du fonctionnement moteur/générateur frein au fonctionnement chargeur comprennent :

25 * un premier contact (c_1), qui travaille en fermeture dans le fonctionnement moteur et respectivement en ouverture dans le fonctionnement chargeur et qui est en série avec ledit premier hacheur (a) ;

* un deuxième contact (c_2), qui travaille lui aussi en

30 fermeture dans le fonctionnement moteur et respectivement en ouverture dans le fonctionnement

- chargeur et qui est en série avec ledit troisième hacheur (b) ;
- 5 * un troisième contact (c_3), qui est monté sur le "centre" de la connexion en étoile des enroulements statoriques (E_1 , E_2 , E_3 , E_4) et qui travaille en fermeture dans le fonctionnement moteur, et donc en ouverture dans le fonctionnement chargeur ;
- 10 * un quatrième et un cinquième contacts (c_4 , c_5), qui travaillent respectivement en ouverture et en fermeture dans le fonctionnement moteur - et donc respectivement en fermeture et en ouverture dans le fonctionnement chargeur - et qui relie la cathode de ladite quatrième diode (d_4) respectivement à l'entrée et la sortie desdits premier et quatrième enroulements statoriques (E_1 , E_4) ;
- 15 - lesdits contacts (c_1 à c_5) permettent de changer les connexions entre les enroulements statoriques (E_1 , E_2 , E_3 , E_4) et les composants électroniques correspondants de manière telle que, lorsque lesdits contacts travaillent dans le sens correspondant au fonctionnement chargeur, ils permettent, par ouverture desdits premier, deuxième et
- 20 troisième contacts (c_1 , c_2 , c_3) de connecter, d'une part, lesdits troisième et quatrième enroulements statoriques (E_3 , E_4) en série entre eux, pour constituer l'enroulement primaire d'un transformateur et, d'autre part, lesdits premier et deuxième enroulements (E_1 , E_2) également en série entre eux pour constituer
- 25 l'enroulement secondaire dudit transformateur, alors que par fermeture et ouverture respectivement desdits quatrième et cinquième contacts (c_4 , c_5) lesdits premier, deuxième, troisième et quatrième diodes (d_1 , d_2 , d_3 , d_4) sont connectées entre elles de manière à constituer les éléments d'un pont redresseur connecté audit
- 30 secondaire ($E_1 + E_2$) du transformateur et destiné à recharger la batterie principale ou auxiliaire, lorsque la force électromotrice est supérieure à la tension d'alimentation ;

- le courant de charge de cette batterie est contrôlé dans l'enroulement primaire ($E_3 + E_4$) dudit transformateur par un sixième et septième hacheurs(D, E) ; et
- en ce qu'un sixième contact (c_6), qui travaille en fermeture dans le fonctionnement moteur, et donc en ouverture dans le fonctionnement chargeur, isole conjointement avec lesdits deuxième, troisième et cinquième contacts (c_2, c_3, c_5) l'enroulement primaire de l'enroulement secondaire du transformateur, et donc le secteur de la batterie (V_p).

10 Selon une disposition avantageuse de cet autre mode de réalisation, au moins un desdits cinquième et sixième hacheurs (D, E) est constitué, dans le fonctionnement chargeur, par un desdits deuxième et quatrième hacheurs (A,B) utilisés dans le fonctionnement moteur/générateur frein.

15 Selon une autre disposition préférée de cet autre mode de réalisation, le stator de la machine auto-synchrone comporte un cinquième, sixième, septième et huitième enroulements statoriques (e_1, e_2, e_3, e_4) supplémentaires connectés en série entre eux et couplés respectivement auxdits premier, deuxième, troisième et quatrième enroulements statoriques principaux (E_1, E_2, E_3, E_4), en sorte que, quelle que soit la condition de travail desdits contacts (c_1 à c_6), c'est-à-dire quel
20 que soit le fonctionnement de départ, moteur/générateur frein ou chargeur, lesdits enroulements statoriques supplémentaires, (e_1, e_2, e_3, e_4) constituent le secondaire d'un transformateur qui permet de convertir, - après redressement par une sixième et septième diodes (d_6, d_7) et contrôle par un régulateur de charge (R_{ch}) -, le
25 courant continu à tension élevée de la batterie, principale ou auxiliaire (V_p), en un courant continu à basse tension destiné à l'alimentation et à la recharge d'une batterie de servitude classique (V_s).

30 Selon encore une autre disposition conforme à l'invention, le rotor comporte un enroulement rotorique supplémentaire (E_6), qui est connecté entre lesdites bague (B_1) et première demi-bague (B_2) et qui utilise la présence au rotor du courant statorique (I_{st}) pour renforcer ainsi les ampères-tours de l'enroulement rotorique principal (E_5), la protection desdits deuxième et quatrième hacheurs étant

assurée par une sixième diode (d_6), dite de "roue libre", montée en parallèle avec ledit enroulement rotorique supplémentaire (E_6).

Dans la description qui suit, on détaille le fonctionnement fondamental en moteur et en générateur frein ainsi que les fonctionnements auxiliaires en chargeur et en convertisseur, tout en tenant compte des conditions spécifiques au sens de marche, au contrôle de la vitesse et du couple ainsi qu'aux hacheurs ; en outre, on décrit également une version intéressante de compoundage qui est susceptible d'être utilisée dans le cadre de la présente invention. Dans cette description, il a été pris, à titre d'exemple, le cas d'une machine auto-synchrone de traction électrique à quatre enroulements statoriques et à deux pôles, avec rotor bobiné.

I - DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT EN MOTEUR

Les quatre enroulements statoriques E_1 , E_2 , E_3 , E_4 du schéma de la figure 1 sont montés en étoile. E_1 et E_3 , E_2 et E_4 sont décalés entre eux de 180 degrés électriques, alors que les enroulements E_1 et E_2 - et donc E_3 et E_4 - sont décalés entre eux de 90 degrés électriques (voir figure 1bis).

Les deux paires de hacheurs a, b et A, B permettent d'aiguiller le courant statorique I_{st} successivement dans les enroulements $E_1 + E_2$, $E_3 + E_2$, $E_3 + E_4$, $E_1 + E_4$, créant ainsi un champ tournant.

Les hacheurs A et B assurent, en plus de l'aiguillage du courant statorique nécessaire pour la création du champ tournant statorique, un contrôle de sa valeur (par une modulation appropriée, telle qu'elle sera précisée par la suite).

Les diodes d_1 et d_2 , dites de "roue libre", assurent la protection des hacheurs A et B en entretenant le passage du courant dans les enroulements statoriques jusqu'à extinction naturelle de ce courant dans ces enroulements.

Le courant I_{ro} de l'enroulement rotorique E_5 , contrôlé par le hacheur C et protégé par la diode de "roue libre" d_5 , assure la création du champ rotorique.

Le contrôle électronique de ces champs est tel que ceux-ci sont maintenus en quadrature grâce à des capteurs de la position angulaire du rotor,

donnant ainsi un couple maximum.

Les enroulements $E_1 + E_2$, $E_2 + E_3$, $E_3 + E_4$, $E_4 + E_1$ sont le siège de forces contre-électromotrices alternatives, dont l'amplitude est, - dans le fonctionnement en moteur objet de la présente description -, inférieure à la tension d'alimentation de la batterie V_p .

II - DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT EN GENERATEUR FREIN

Bien entendu, dans ce mode de fonctionnement (figure 1ter), on suppose que la machine tourne.

Une augmentation du courant rotorique I_{ro} (bien entendu, dans la zone de fonctionnement non saturée de la machine), commandée par le hacheur C, se traduit par une augmentation des forces contre-électromotrices dans les enroulements $E_1 + E_2$, $E_2 + E_3$, $E_3 + E_4$, $E_4 + E_1$ qui, devenant supérieures à la tension de la batterie V_p , permettent - grâce aux diodes d_3 et d_4 , le passage d'un courant statorique I_{st} de sens opposé à celui du fonctionnement en moteur. Dans ce sens, il y a bien génération de courant et charge de la batterie V_p .

Le contrôle de ce courant de charge s'effectue par le contrôle du courant rotorique I_{ro} , comme indiqué ci-dessus.

La superposition des schémas 1 et 1ter assure le double fonctionnement en moteur et générateur.

III - DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT EN CHARGEUR

Dans le schéma illustré à la figure 2, on suppose que l'on a reconfiguré les connexions des différents composants et que l'on a déconnecté l'enroulement rotorique (qui n'a pas été représenté). Le schéma de principe de la figure 2a illustre un exemple de réalisation de la commutation pour le passage du fonctionnement moteur ou générateur frein au fonctionnement chargeur. Dans cette figure 2a, les contacts représentés c_1 à c_6 correspondent à leur position en fonctionnement moteur, la prise du secteur (à droite dans la figure) n'étant pas branchée, alors

qu'en position inversée, ces contacts correspondent à la fonction chargeur (la prise du secteur étant branchée dans ce cas).

On retrouve les enroulements $E_1 + E_2$ et $E_3 + E_4$, qui constituent respectivement le secondaire et le primaire d'un transformateur.

5 Les diodes d_1, d_2, d_3, d_4 constituent les éléments d'un pont redresseur connecté au secondaire $E_1 + E_2$ et capable de charger la batterie V_p , si la force électromotrice est supérieure à la tension d'alimentation.

Le courant de charge est contrôlé au primaire $E_3 + E_4$ par les deux hacheurs D et E, qui peuvent être ou non constitués par les hacheurs A et B de la figure 1, la réutilisation de ces hacheurs étant préférée dans le cadre de la présente invention.

IV - DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT EN CONVERTISSEUR

15

Si dans le schéma du fonctionnement en moteur/générateur, on place quatre enroulements e_1, e_2, e_3, e_4 respectivement couplés aux enroulements E_1, E_2, E_3, E_4 , tels qu'ils sont représentés sur le schéma illustré à la figure 3, ces enroulements constituent le secondaire avec point milieu d'un transformateur qui, s'ils sont bien dimensionnés en appliquant les règles de l'art connues des techniciens en la matière, peuvent - après redressement par les diodes d_6, d_7 et contrôle par un régulateur de charge R_{ch} - constituer le convertisseur basse tension monté en parallèle avec la batterie classique de servitude V_s (normalement de 6 ou 12 V). Le schéma de principe de la figure 3a illustre un exemple de réalisation de la commutation pour le passage du fonctionnement moteur/générateur frein ou chargeur au fonctionnement convertisseur. Dans cette figure 3a, les contacts c_1 à c_6 sont représentés dans la position correspondant au fonctionnement moteur-générateur frein (comme dans la figure 2a). Mais il est clair que le fonctionnement convertisseur peut-être également obtenu à partir des mêmes contacts c_1 à c_6 dans la position correspondant au fonctionnement chargeur. Cela revient à dire que le fonctionnement convertisseur peut-être obtenu soit avec la machine auto-synchrone en marche soit avec cette machine à l'arrêt.

V - CONTROLE DU SENS DE MARCHE

5 Pour inverser le sens de marche du moteur, il suffit d'inverser la phase des hacheurs A et B.

 Dans le cas de la figure 4, on a successivement l'excitation des enroulements $E_1 + E_2$, $E_3 + E_2$, $E_3 + E_4$, $E_1 + E_4$. L'inversion des phases hacheurs B et A conduirait au séquençement suivant : $E_1 + E_4$, $E_3 + E_4$, $E_3 +$
10 E_2 , $E_1 + E_2$, montrant ainsi l'inversion du sens de rotation.

VI - CONTROLE DE LA VITESSE ET DU COUPLE

 Le contrôle de la vitesse et du couple s'effectue par une double action
15 sur les courants rotoriques et statoriques.

 Cette double action permet de couvrir, si elle est parfaitement maîtrisée (contrôle digital par processeur en temps réel), et ce avec un rendement maximum, toute la plage de fonctionnement couple-vitesse du moteur de traction dans ses diverses sollicitations.

20

VII - FONCTIONNEMENT DES HACHEURS

 Les hacheurs a et b en fonctionnement moteur et générateur sont des
25 interrupteurs bi-directionnels (fig. 5a). Ces interrupteurs (ouverts ou fermés) peuvent être électroniques (transistor bipolaire-MOSFET-IGBT - Thyristor etc...) ou mécaniques. Ils sont commandés automatiquement par la détection de la position angulaire du rotor (capteurs ou structure mécanique respectivement).

 Les hacheurs A et B en fonctionnement moteur et générateur sont eux
30 aussi des interrupteurs bi-directionnels (fig. 5b).

 Ces interrupteurs sont électroniques et assurent, en plus de l'aiguillage du courant statorique dans les enroulements E_2 et E_4 , le contrôle de la valeur de ce

courant en fonction de la position angulaire du rotor et en fonction du couple souhaité (ce contrôle peut s'effectuer par tous les types de modulation possibles y compris la modulation PWM). De façon plus précise, étant donné que la commande des courants statoriques est fonction de la position angulaire du rotor, on détecte
 5 cette position au moyen de capteurs de position angulaire, de manière à permettre, après traitement dans un processeur, la commande des hacheurs en commutation et modulation pour optimiser le fonctionnement et le rendement du moteur et du générateur frein.

Une variante (fig. 5c) utilise une diode pour le fonctionnement hacheur
 10 en générateur, le contrôle du courant statorique s'effectuant dans ce cas par un contrôle du courant rotorique.

VIII - HACHEURS a, b MECANIKES

15 L'aiguillage du courant statorique peut s'effectuer au moyen de bagues et de balais. Les figures 6 donnent deux exemples de réalisation :

* **Figure 6 a.**

Dans la figure 6a, le courant statorique passe du balai fixe b_1 , par contact glissant, à une bague tournante B_1 , laquelle est connectée (connexion c) à
 20 une demi-bague B_2 solidaire, comme B_1 , du rotor ; puis par le balai fixe b_2 , le courant statorique alimente l'enroulement E_1 , (la demi-bague B_3 est isolée de la demi-bague B_2 et de la bague B_1).

Après une rotation d'un demi-tour, la demi-bague B_2 alimente, par le balai fixe b_3 l'enroulement E_3 .

25 Le contrôle électronique du courant par les hacheurs A et B peut-être tel que les courants coupés par les balais soient faibles, voire nuls, pour en limiter l'usure.

* **Variante figure 6 b**

30 Dans cette variante un balai double tournant bt assure la mise en court circuit successivement, lors de sa rotation, de la bague fixe B_1 et de la demi-bague fixe B_2 alimentant ainsi l'enroulement E_1 , puis un demi-tour plus tard, il

court-circuite la bague fixe B_1 et la demi-bague fixe B_2 , alimentant ainsi l'enroulement E_2 .

5 **IX - COMPOUNDAGE**

La figure 7 représente une version possible du compoundage.

La présence au rotor du courant statorique permet son utilisation dans un enroulement complémentaire d'excitation E_6 qui renforce les Ampères-tours de
10 l'enroulement d'excitation de l'enroulement E_5 . Cette possibilité confère à la machine des caractéristiques couple-vitesse et rendement intéressantes en termes de flexibilité et économie énergétique.

La diode de "roue libre" d_g assure la protection des hacheurs A et B et facilite le fonctionnement en générateur.

REVENDICATIONS

- 5 1. Chaîne de traction électrique pour véhicule automobile, tel qu'une
voiture, un camion, un bus, un scooter ou un vélo, comprenant :
- au moins un générateur électrique, notamment électromécanique - et
constitué dans ce cas par un moteur thermique d'entraînement d'un
générateur, en particulier à courant alternatif, - et/ou
10 électrochimique, constitué par au moins un accumulateur et/ou au
moins une pile à combustible ;
 - au moins une machine électrique, qui est réversible, - à savoir
susceptible de fonctionner comme moteur et générateur frein et,
donc, d'assurer notamment la traction électrique dans le
15 fonctionnement moteur -, et qui est du type auto-synchrone,
comprenant :
 - * un stator pourvu d'au moins un enroulement polyphasé,
comprenant un nombre donné d'enroulements statoriques
(E_1, E_2, E_3, E_4 ; e_1, e_2, e_3, e_4), - qui correspondent
20 aux différentes phases et qui sont décalés dans l'espace -,
et d'un dispositif de commutation séquentielle d'une
phase à l'autre permettant de générer un décalage dans le
temps, - entre les courants destinés à circuler dans les
différents enroulements statoriques -, nécessaire pour la
25 création d'un champ magnétique statorique tournant , et
 - * un rotor bobiné, c'est-à-dire comprenant au moins un
enroulement rotorique (E_5, E_6) destiné à être traversé par
un courant continu de création d'un flux magnétique
définissant le champ rotorique ;
 - au moins un chargeur embarqué destiné à recharger au moins une
30 batterie d'alimentation, principale ou auxiliaire (V_p) ;
 - au moins un convertisseur du courant continu à tension élevée,
correspondant à ladite batterie principale ou auxiliaire (V_p), en un

courant continu à basse tension destiné à l'alimentation et à la recharge d'une batterie de servitude classique (V_s), dont la tension est notamment de 6 ou 12 V,

laquelle chaîne de traction électrique est caractérisée en ce que des moyens de commutation des enroulements statoriques (E_1, E_2, E_3, E_4) et des principaux composants à semi-conducteurs de l'électronique de puissance de commande de la machine auto-synchrone, - ces enroulements et ces composants étant nécessaires à son fonctionnement fondamental ou principal en moteur et en générateur frein -, assurent la reconfiguration desdits enroulements et desdits composants en au moins un mode de fonctionnement auxiliaire, correspondant notamment audit chargeur et/ou audit convertisseur, permettant ainsi de réduire le nombre des enroulements et des composants à semi-conducteurs nécessaires pour l'accomplissement dudit fonctionnement auxiliaire.

2. Chaîne de traction électrique selon la revendication 1, caractérisée :

- 15 - en ce que le stator comporte un premier, un deuxième, un troisième et un quatrième enroulements (E_1, E_2, E_3, E_4) connectés en étoile, qui sont décalés dans l'espace de $90/p$ degrés mécaniques, - $2p$ étant le nombre de pôles magnétiques de la machine auto-synchrone, - et qui sont connectés deux à deux de manière à définir un premier et un deuxième groupes d'enroulements ($E_1, E_3 ; E_2, E_4$), dont le premier groupe comprend lesdits premier et troisième enroulements statoriques (E_1, E_3), alors que le deuxième groupe comprend lesdits deuxième et quatrième enroulements (E_2, E_4), en sorte que les enroulements (E_1, E_3) dudit premier groupe, ainsi que les enroulements (E_2, E_4) dudit deuxième groupe, sont décalés entre eux de 180 degrés électriques, alors que les premier et deuxième enroulements (E_1, E_2), ainsi que les troisième et quatrième enroulements (E_3, E_4) sont décalés entre eux de 90 degrés électriques ;
- 20
- 25
- 30 - en ce que les moyens de commutation précités comprennent un premier, un deuxième, un troisième et un quatrième hacheurs (a, A, b, B), qui sont montés en série respectivement avec lesdits premier,

deuxième, troisième et quatrième enroulements statoriques (E_1 , E_2 , E_3 , E_4) et qui sont commandés séquentiellement deux à deux (a, A ; b, A ; b, B ; a, B) en commutation, - c'est-à-dire en commandant la commutation des premier et deuxième hacheurs (a, A), puis de la commande des troisième et deuxième hacheurs (b, A), ainsi que des troisième et quatrième hacheurs (b, B), suivie de la commutation des premier et quatrième hacheurs (a, B) - pour permettre d'aiguiller séquentiellement le courant statorique (I_{st}) dans les enroulements statoriques combinés deux à deux, - c'est-à-dire respectivement dans les premier et deuxième enroulements (E_1 , E_2), les troisième et deuxième enroulements (E_3 , E_2), les troisième et quatrième enroulements (E_3 , E_4), ainsi que dans les premier et quatrième enroulements (E_1 , E_4) -, lesdits deuxième et quatrième hacheurs (A, B) étant également commandés en modulation pour contrôler la valeur dudit courant statorique.

3. Chaîne de traction électrique selon la revendication 2, caractérisée en ce que lesdits premier et troisième hacheurs (a, b) sont des moyens de commutation bi-directionnels et mécaniques réalisés à l'aide d'une bague (B_1) ainsi que d'une première et une deuxième demi-bagues (B_2 , B_3), dont la première (B_2) est connectée électriquement à la bague (B_1), alors que la deuxième demi-bague (B_3) est isolée électriquement de la bague (B_1) ainsi que de la première demi-bague (B_2).

4. Chaîne de traction électrique selon la revendication 3, caractérisée en ce que lesdites bague (B_1) et demi-bagues (B_2 , B_3) sont montées sur l'axe rotorique (x-x) de la machine auto-synchrone et glissent respectivement sur un premier, un deuxième et un troisième balais fixes (b_1 , b_2 , b_3).

5. Chaîne de traction électrique selon la revendication 3, caractérisée en ce que lesdites bague (B_1) et demi-bagues (B_2 , B_3) sont fixes et viennent en contact de glissement avec un balais double (bt) tournant autour de l'axe rotorique, à l'intérieur desdites bague (B_1) et demi-bagues (B_2 , B_3).

6. Chaîne de traction électrique selon la revendication 2, caractérisée en ce que lesdits premier et troisième hacheurs (a, b) sont des moyens de commutation

bi-directionnels à semi-conducteurs, et en ce qu'ils sont commandés par la détection de la position angulaire du rotor par rapport au stator.

7. Chaîne de traction électrique selon la revendication 2, caractérisée en ce que chacun desdits deuxième et quatrième hacheurs (A, B) est, en
5 fonctionnement moteur et générateur frein, un moyen de commutation bi-directionnel à semi-conducteur.

8. Chaîne de traction électrique selon la revendication 7, caractérisée en ce que chacun desdits deuxième et quatrième hacheurs (A, B) utilise une diode (d) en fonctionnement moteur, le contrôle du courant statorique (I_{st}) s'effectuant dans
10 ce cas par un contrôle du courant rotorique (I_{ro}).

9. Chaîne de traction électrique selon la revendication 1, caractérisée en ce que :

- dans le fonctionnement moteur, lesdits deuxième et quatrième hacheurs (A, B) sont protégés respectivement par une première et une
15 deuxième diodes, dites de "roue libre" (d_1 , d_2) montées chacune en parallèle avec lesdits premier et deuxième enroulements (E_1 , E_2) et, respectivement, lesdits troisième et quatrième enroulements (E_3 , E_4)
- dans le fonctionnement générateur, l'inversion du sens de circulation du courant dans les enroulements statoriques (E_1 , E_2 , E_3 , E_4), par
20 rapport au sens de circulation du courant dans le fonctionnement moteur, est contrôlée respectivement par une troisième et une quatrième diodes (d_3 , d_4) montées chacune en série avec ledit deuxième enroulement (E_2) et, respectivement, ledit quatrième enroulement statorique (E_4) ;
- le courant rotorique (I_{ro}) dans l'enroulement rotorique (E_5) est
25 contrôlé par un cinquième hacheur mono-directionnel (C) protégé par une cinquième diode (d_5).

10. Chaîne de traction électrique selon la revendication 1, caractérisée :
- en ce que les moyens de commutation du fonctionnement
30 moteur/générateur frein au fonctionnement chargeur comprennent :
* un premier contact (c_1), qui travaille en fermeture dans le fonctionnement moteur et respectivement en ouverture

- dans le fonctionnement chargeur et qui est en série avec ledit premier hacheur (a) ;
- 5 * un deuxième contact (c_2), qui travaille lui aussi en fermeture dans le fonctionnement moteur et respectivement en ouverture dans le fonctionnement chargeur et qui est en série avec ledit troisième hacheur (b) ;
- 10 * un troisième contact (c_3), qui est monté sur le "centre" de la connexion en étoile des enroulements statoriques (E_1 , E_2 , E_3 , E_4) et qui travaille en fermeture dans le fonctionnement moteur, et donc en ouverture dans le fonctionnement chargeur ;
- 15 * un quatrième et un cinquième contacts (c_4 , c_5), qui travaillent respectivement en ouverture et en fermeture dans le fonctionnement moteur - et donc respectivement en fermeture et en ouverture dans le fonctionnement chargeur - et qui relie la cathode de ladite quatrième diode (d_4) respectivement à l'entrée et la sortie desdits premier et quatrième enroulements statoriques (E_1 , E_4) ;
- 20 - en ce que lesdits contacts (c_1 à c_5) permettent de changer les connexions entre les enroulements statoriques (E_1 , E_2 , E_3 , E_4) et les composants électroniques correspondants de manière telle que, lorsque lesdits contacts travaillent dans le sens correspondant au
- 25 fonctionnement chargeur, ils permettent, par ouverture desdits premier, deuxième et troisième contacts (c_1 , c_2 , c_3) de connecter, d'une part, lesdits troisième et quatrième enroulements statoriques (E_3 , E_4) en série entre eux, pour constituer l'enroulement primaire d'un transformateur et, d'autre part, lesdits premier et deuxième enroulements (E_1 , E_2) également en série entre eux pour constituer
- 30 l'enroulement secondaire dudit transformateur, alors que par fermeture et ouverture respectivement desdits quatrième et cinquième contacts (c_4 , c_5) lesdits premier, deuxième, troisième et quatrième

diodes (d_1, d_2, d_3, d_4) sont connectées entre elles de manière à constituer les éléments d'un pont redresseur connecté audit secondaire ($E_1 + E_2$) du transformateur et destiné à recharger la batterie principale ou auxiliaire, lorsque la force électromotrice est supérieure à la tension d'alimentation ;

5

- en ce que le courant de charge de cette batterie est contrôlé dans l'enroulement primaire ($E_3 + E_4$) dudit transformateur par un sixième et septième hacheurs (D, E) ; et

10

- en ce qu'un sixième contact (c_6), qui travaille en fermeture dans le fonctionnement moteur, et donc en ouverture dans le fonctionnement chargeur, isole conjointement avec lesdits deuxième, troisième et cinquième contacts (c_2, c_3, c_5) l'enroulement primaire de l'enroulement secondaire du transformateur, et donc le secteur de la batterie (V_p).

15

11. Chaîne de traction électrique selon la revendication 10, caractérisée en ce qu'au moins un desdits cinquième et sixième hacheurs (D, E) est constitué, dans le fonctionnement chargeur, par un desdits deuxième et quatrième hacheurs (A,B) utilisés dans le fonctionnement moteur/générateur frein.

20

12. Chaîne de traction électrique selon la revendication 10, caractérisée en ce que le stator de la machine auto-synchrone comporte un cinquième, sixième, septième et huitième enroulements statoriques (e_1, e_2, e_3, e_4) supplémentaires connectés en série entre eux et couplés respectivement auxdits premier, deuxième, troisième et quatrième enroulements statoriques principaux (E_1, E_2, E_3, E_4), en sorte que, quelle que soit la condition de travail desdits contacts (c_1 à c_6), c'est-à-

25

dire quel que soit le fonctionnement de départ, moteur/générateur frein ou chargeur, lesdits enroulements statoriques supplémentaires, (e_1, e_2, e_3, e_4) constituent le secondaire d'un transformateur qui permet de convertir, - après redressement par une sixième et septième diodes (d_6, d_7) et contrôle par un régulateur de charge (R_{ch}) -, le courant continu à tension élevée de la batterie,

30

principale ou auxiliaire (V_p), en un courant continu à basse tension destiné à l'alimentation et à la recharge d'une batterie de servitude classique (V_s).

13. Chaîne de traction électrique selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, caractérisée en ce que le rotor comporte un enroulement rotorique supplémentaire (E₆), qui est connecté entre lesdites bague (B₁) et première demi-bague (B₂) et qui utilise la présence au rotor du courant statorique
- 5 (Ist) pour renforcer ainsi les ampères-tours de l'enroulement rotorique principal (E₅), la protection desdits deuxième et quatrième hacheurs étant assurée par une sixième diode (d₆), dite de "roue libre", montée en parallèle avec ledit enroulement rotorique supplémentaire (E₆).

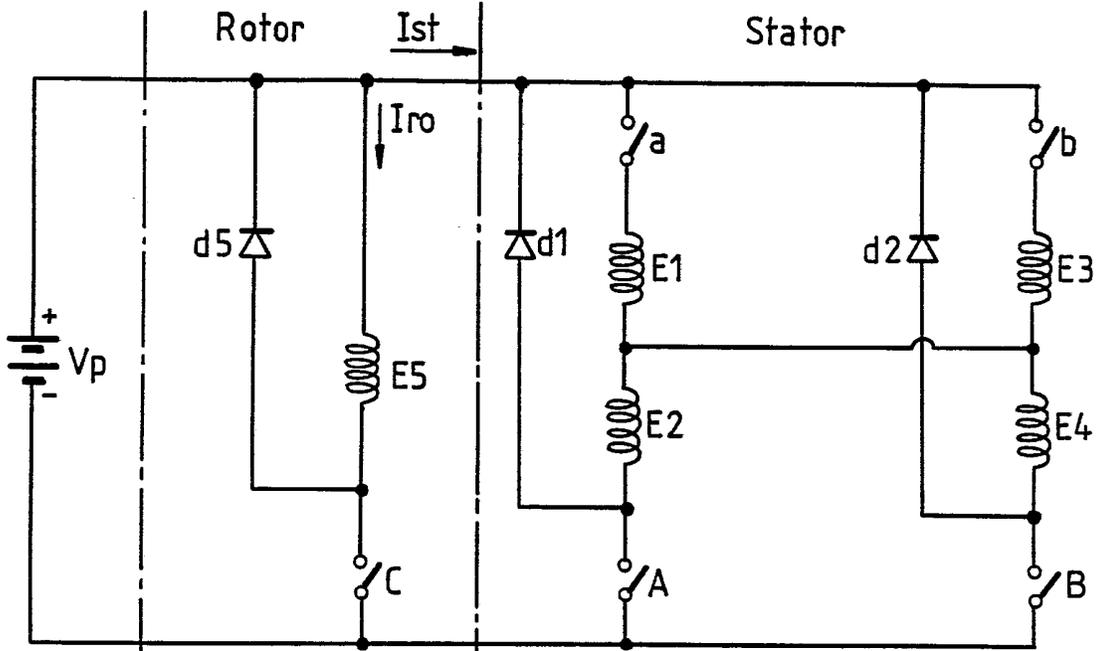


FIG. 1

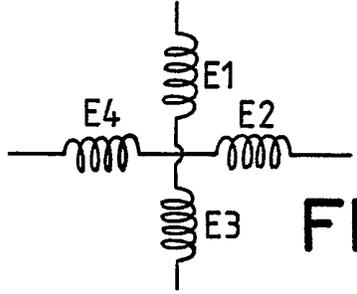


FIG. 1bis

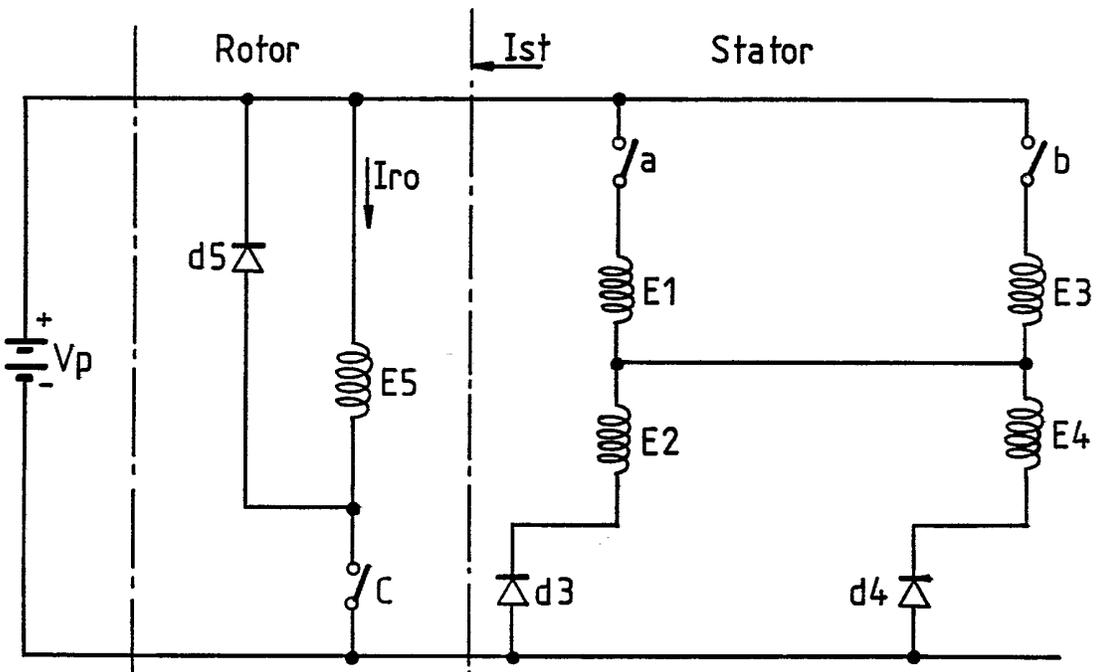


FIG. 1ter

2/6

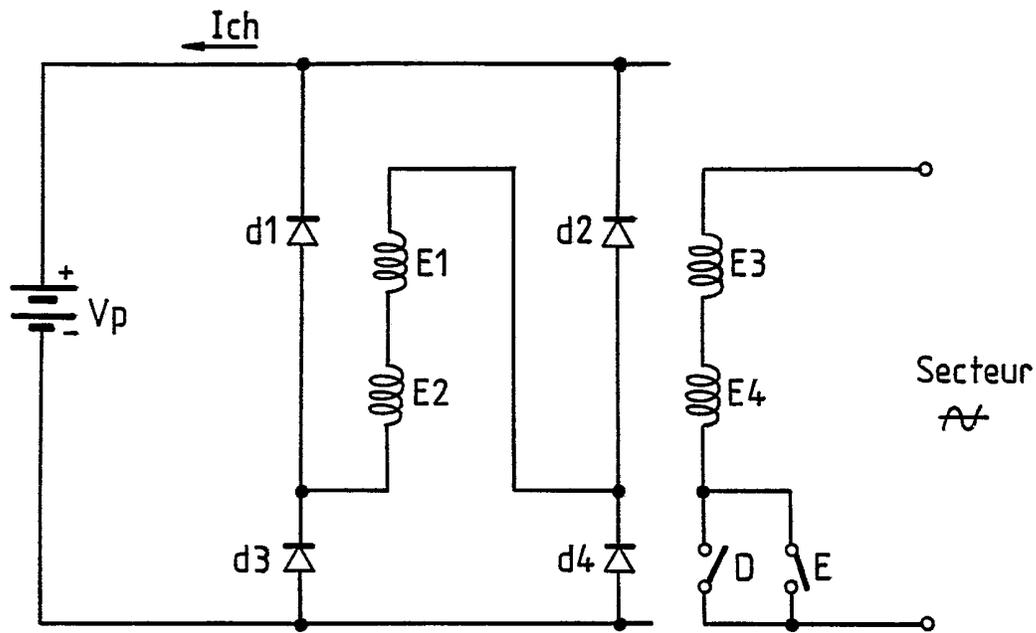


FIG. 2

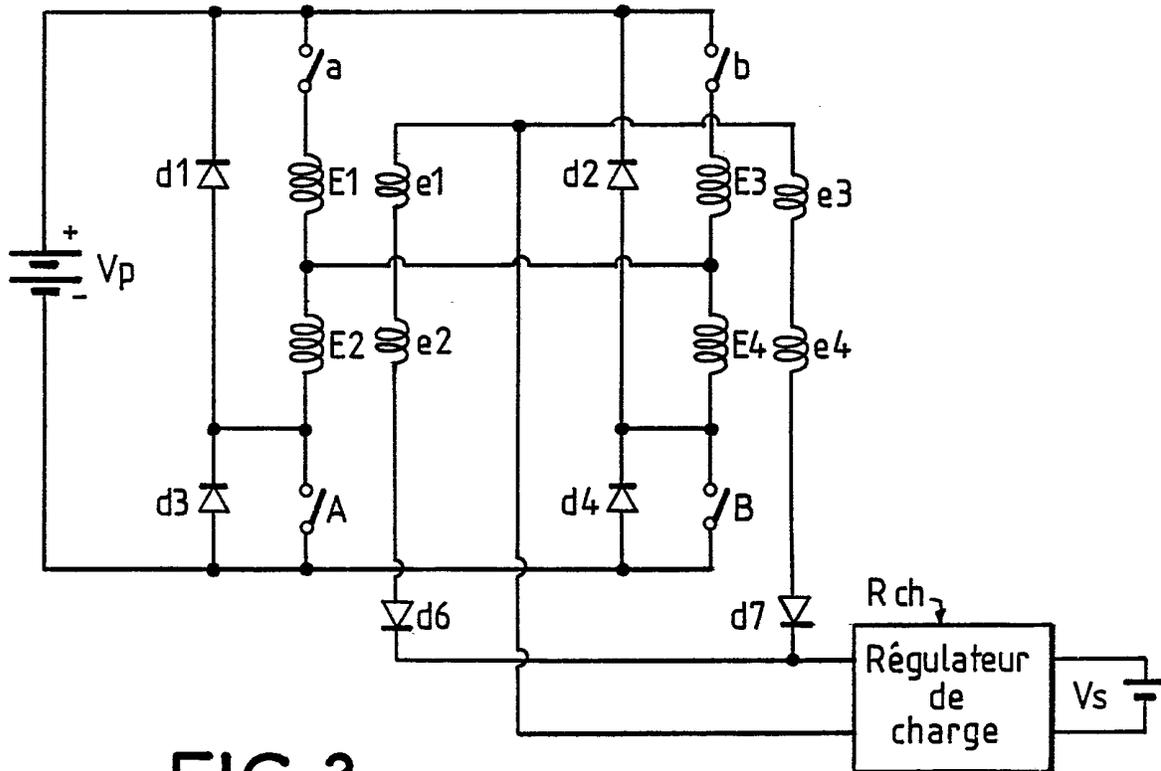


FIG. 3

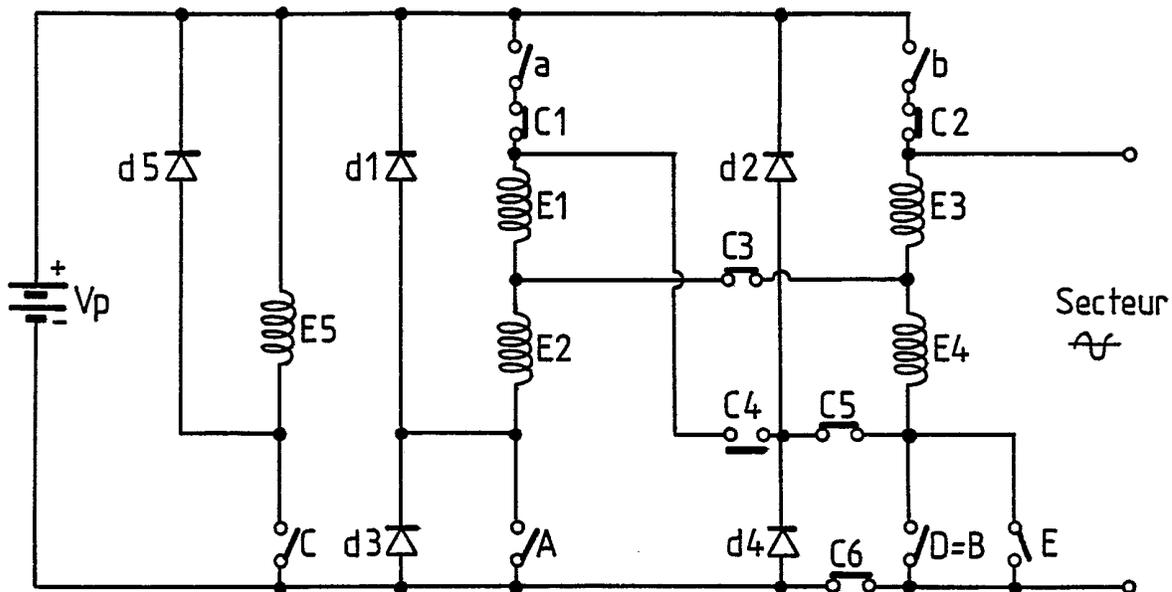


FIG. 2a

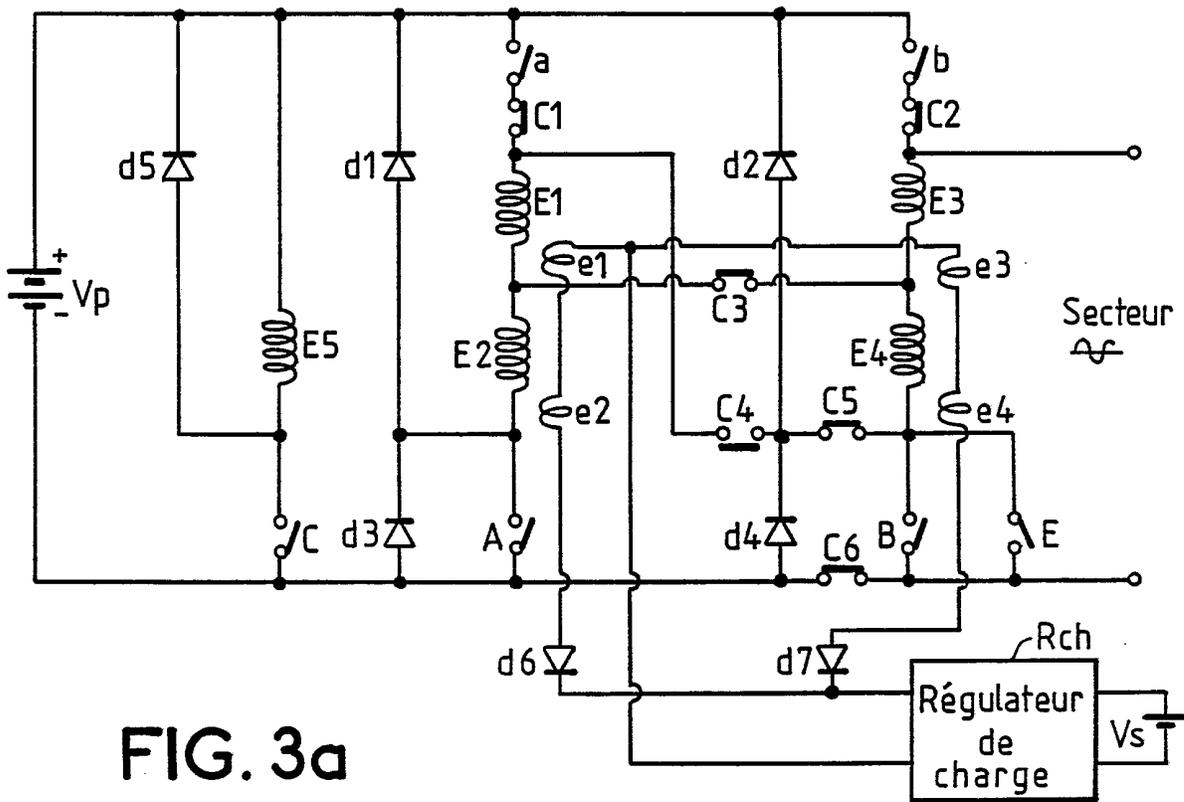


FIG. 3a

4/6

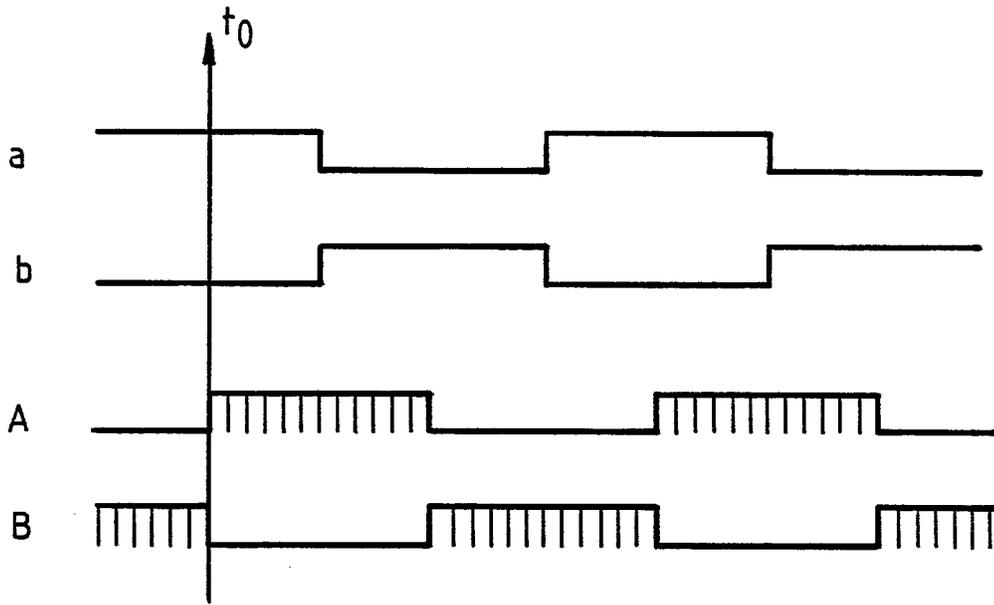


FIG. 4

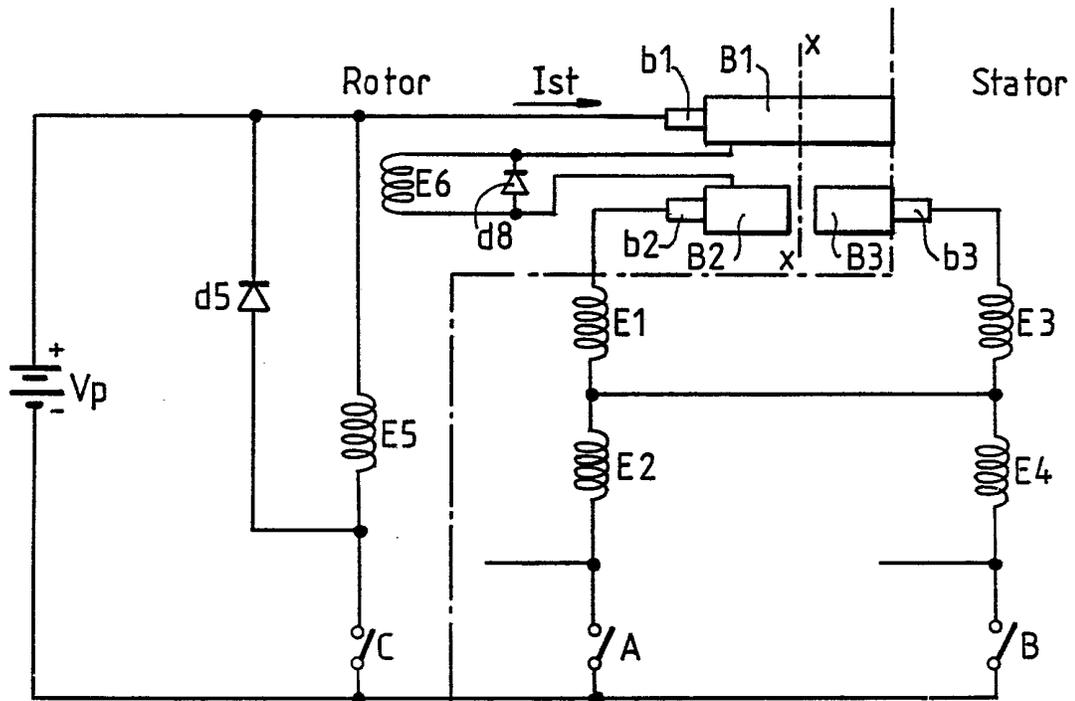
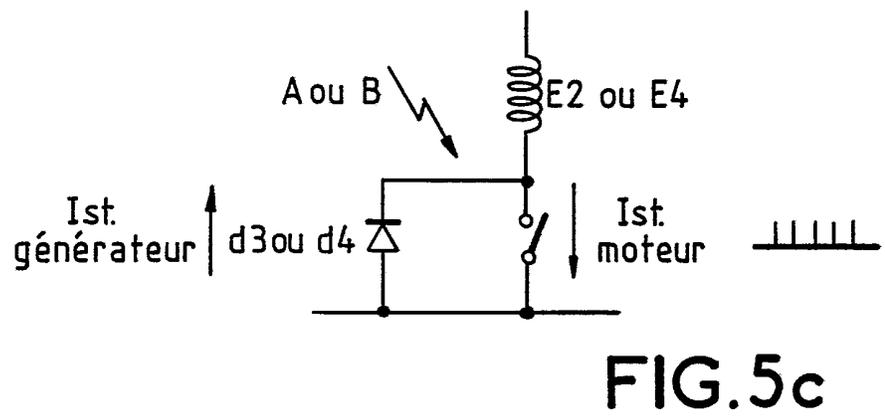
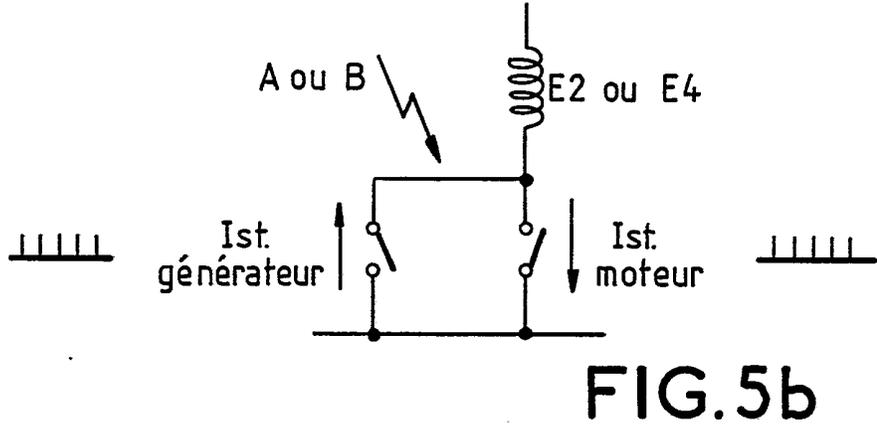
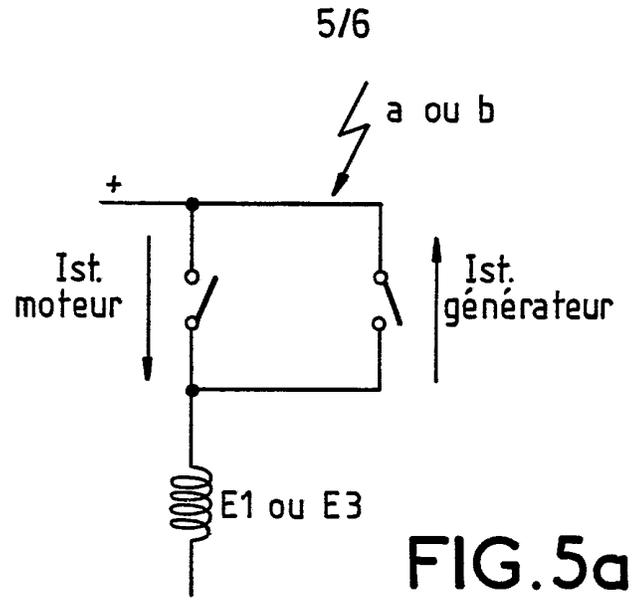


FIG. 7



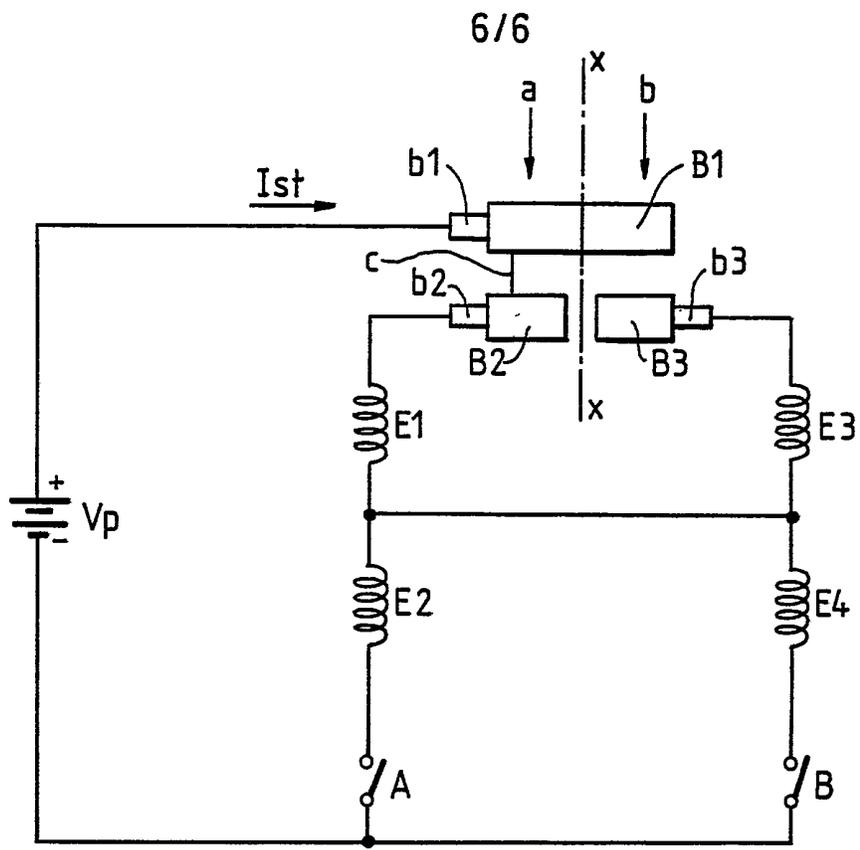


FIG. 6a

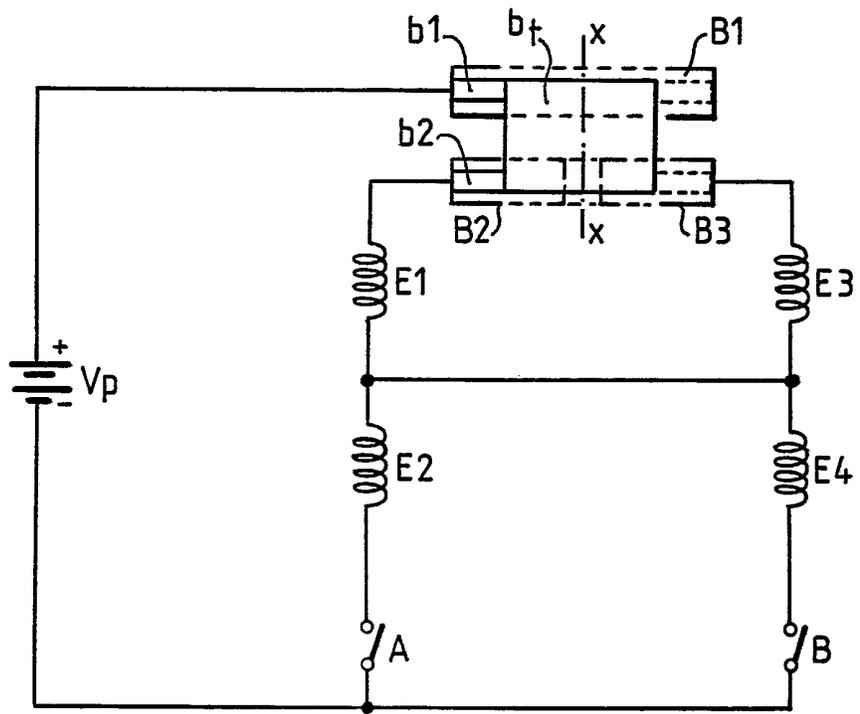


FIG. 6b

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9113126
FA 466940

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	GB-A-2 235 836 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 13 Mars 1991 * revendication 1; figure 1 * ---	1, 12
A	EP-A-0 138 000 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 24 Mai 1985 * abrégé; figure 3 * ---	1, 2
A	DE-A-3 132 129 (ATLAS COPCO AB) 18 Mars 1982 * page 5 - page 8; figure 2 * ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 250 (M-254) 8 Novembre 1983 & JP-A-58 136 204 (DAIHATSU KOGYO K. K.) 13 Août 1983 * abrégé * ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 166 (M-314)(1603) 2 Août 1984 & JP-A-59 061 402 (TOSHIBA K. K) 7 Avril 1984 * abrégé * ---	1
A	FR-A-2 592 342 (GRAND MICHEL) 3 Juillet 1987 * revendication 7 * -----	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		B60L
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
01 JUIN 1992		BOURBON R.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		