Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2208182 C 2004/05/25

(11)(21) 2 208 182

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 1995/12/05
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 1996/07/04
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2004/05/25
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 1997/05/30
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: CA 1995/000682
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 1996/020528
(30) Priorité/Priority: 1994/12/28 (08/365,459) US

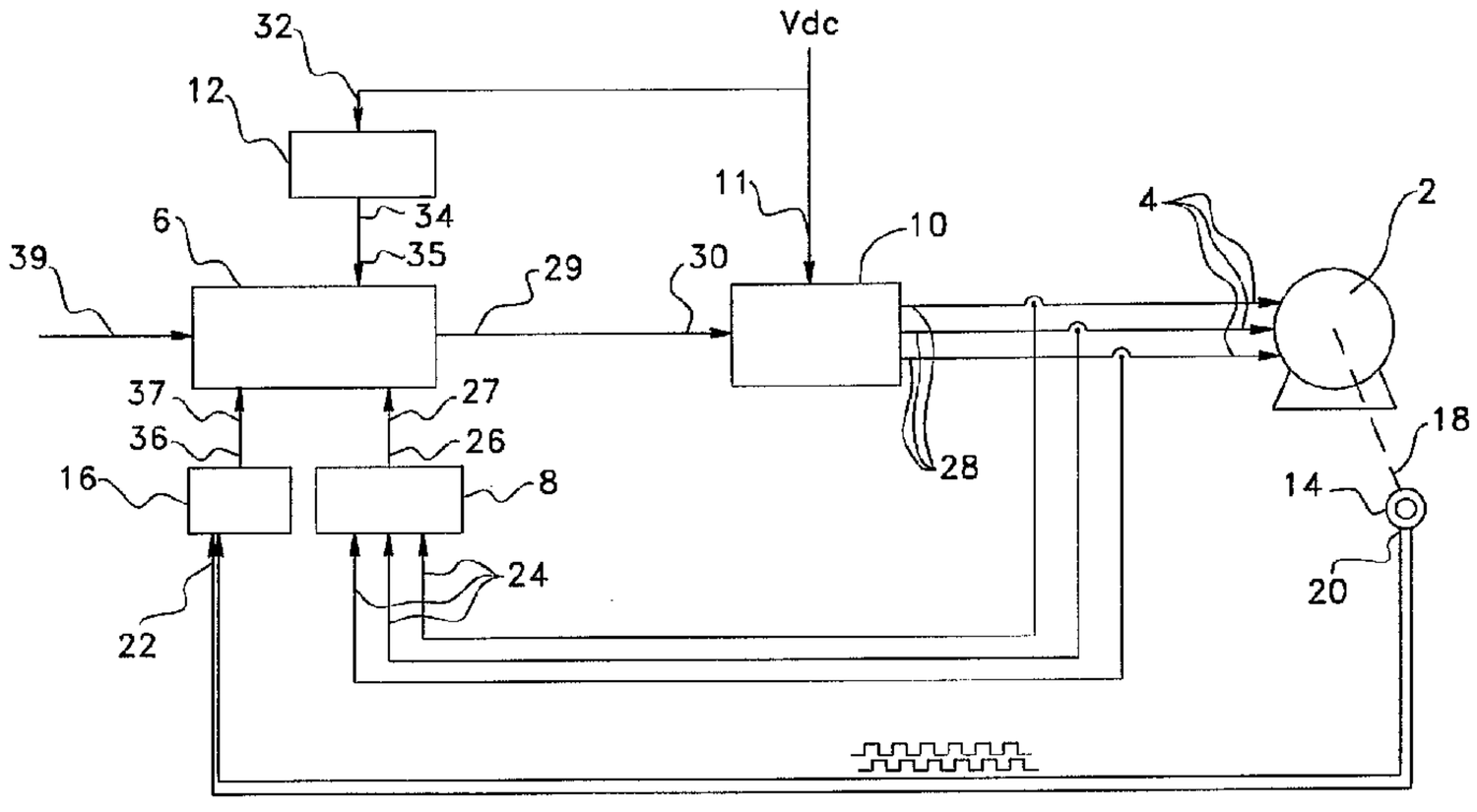
(51) Cl.Int.^{6}/Int.Cl.^{6} H02P 6/20

(72) Inventeurs/Inventors:
FRANCOEUR, BRUNO, CA;
COUTURE, PIERRE, CA;
LAMBERT, GHISLAIN, CA

(73) Propriétaire/Owner:
HYDRO-QUEBEC, CA

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : APPAREIL ET METHODE POUR DEMARRER UNE MACHINE SYNCHRONE
(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR STARTING A SYNCHRONOUS MACHINE



(57) Abrégé/Abstract:
La méthode et l'appareil sont pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor et un stator munis d'enroulements. Le rotor a une position initiale par rapport au stator. La méthode comprend les étapes suivantes: (a) initialiser une phase de démarrage d'une première somme vectorielle de sommes vectorielles successives de courants destinée à être appliquée aux enroulements; (b) appliquer des sommes vectorielles successives de courants aux enroulements; (c) détecter, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée à l'étape (b), un mouvement du rotor et une direction de ce mouvement; (d) compenser pour chaque mouvement et chaque direction détectés à l'étape (c), la phase d'une somme vectorielle subséquente de courants appliquée aux enroulements pour ramener le rotor vers sa position initiale; (e) détecter si le rotor a bougé par rapport au stator après l'application des sommes vectorielles successives de courants et, soit augmenter la phase de démarrage d'une valeur différente d'un multiple de 180 degrés électriques si le rotor n'a pas bougé et retourner à l'étape (b), ou aller à l'étape (f); et (f) après l'étape (e), mémoriser la valeur de phase de la dernière des sommes vectorielles successives appliquée aux enroulements, ainsi la machine est maintenant prête à être mise en opération à partir de la valeur de phase mémorisée à l'étape (f).

(57) Abrégé

La méthode et l'appareil sont pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor et un stator munis d'enroulements. Le rotor a une position initiale par rapport au stator. La méthode comprend les étapes suivantes: (a) initialiser une phase de démarrage d'une première somme vectorielle de sommes vectorielles successives de courants destinée à être appliquée aux enroulements; (b) appliquer des sommes vectorielles successives de courants aux enroulements; (c) détecter, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée à l'étape (b), un mouvement du rotor et une direction de ce mouvement; (d) compenser pour chaque mouvement et chaque direction détectés à l'étape (c), la phase d'une somme vectorielle subséquente de courants appliquée aux enroulements pour ramener le rotor vers sa position initiale; (e) détecter si le rotor a bougé par rapport au stator après l'application des sommes vectorielles successives de courants et, soit augmenter la phase de démarrage d'une valeur différente d'un multiple de 180 degrés électriques si le rotor n'a pas bougé et retourner à l'étape (b), ou aller à l'étape (f); et (f) après l'étape (e), mémoriser la valeur de phase de la dernière des sommes vectorielles successives appliquée aux enroulements, ainsi la machine est maintenant prête à être mise en opération à partir de la valeur de phase mémorisée à l'étape (f).

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Arménie	**GB**	Royaume-Uni	**MW**	Malawi
AT	Autriche	**GE**	Géorgie	**MX**	Mexique
AU	Australie	**GN**	Guinée	**NE**	Niger
BB	Barbade	**GR**	Grèce	**NL**	Pays-Bas
BE	Belgique	**HU**	Hongrie	**NO**	Norvège
BF	Burkina Faso	**IE**	Irlande	**NZ**	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	**IT**	Italie	**PL**	Pologne
BJ	Bénin	**JP**	Japon	**PT**	Portugal
BR	Brésil	**KE**	Kenya	**RO**	Roumanie
BY	Bélarus	**KG**	Kirghizistan	**RU**	Fédération de Russie
CA	Canada	**KP**	République populaire démocratique de Corée	**SD**	Soudan
CF	République centrafricaine			**SE**	Suède
CG	Congo	**KR**	République de Corée	**SG**	Singapour
CH	Suisse	**KZ**	Kazakhstan	**SI**	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	**LI**	Liechtenstein	**SK**	Slovaquie
CM	Cameroun	**LK**	Sri Lanka	**SN**	Sénégal
CN	Chine	**LR**	Libéria	**SZ**	Swaziland
CS	Tchécoslovaquie	**LT**	Lituanie	**TD**	Tchad
CZ	République tchèque	**LU**	Luxembourg	**TG**	Togo
DE	Allemagne	**LV**	Lettonie	**TJ**	Tadjikistan
DK	Danemark	**MC**	Monaco	**TT**	Trinité-et-Tobago
EE	Estonie	**MD**	République de Moldova	**UA**	Ukraine
ES	Espagne	**MG**	Madagascar	**UG**	Ouganda
FI	Finlande	**ML**	Mali	**US**	Etats-Unis d'Amérique
FR	France	**MN**	Mongolie	**UZ**	Ouzbékistan
GA	Gabon	**MR**	Mauritanie	**VN**	Viet Nam

APPAREIL ET MÉTHODE POUR DÉMARRER UNE MACHINE SYNCHRONE

Le domaine de l'invention:

La présente invention concerne une méthode et un appareil pour démarrer une machine à courant alternatif ayant un rotor et un stator muni d'enroulements.

Art antérieur:

Connu dans l'art antérieur, il y a la demande de brevet européen No. EP-A-0,571,076, dans laquelle sont décrits une méthode et un appareil pour démarrer une machine DC sans balais. La méthode utilisée est la suivante. On applique, dans un premier temps, un vecteur électrique au moteur dont la phase de ce vecteur sera incrémentée jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur prédéterminée ($+\Delta f$). On note la position finale (C_1) de déplacement du rotor. Dans un deuxième temps, on applique un vecteur électrique au moteur dont la phase de ce vecteur sera décrémentée jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur prédéterminée ($-\Delta f$). On note la position finale (C_2) de déplacement du rotor. De ces deux déplacements C_1 et C_2 on fait la moyenne afin d'obtenir la valeur de position de départ laquelle correspond à la superposition du vecteur pôle magnétique φ et la force magnétomotrice I.

Cette méthode pour démarrer un moteur a un inconvénient important dû au fait qu'on doit déplacer de façon aléatoire le rotor à deux reprises avant le démarrage. Plus spécifiquement, cela pose un problème dans le cas où le moteur est relié à une lourde charge et qu'il n'est pas possible de permettre un mouvement aléatoire du rotor avant son démarrage.

Connu dans l'art, il y a aussi le brevet américain No. US-A-5,323,094, dans lequel sont décrits une méthode et un appareil pour démarrer une machine DC sans balais et sans senseur de position. La méthode utilisée consiste à

FEUILLE MODIFIEE

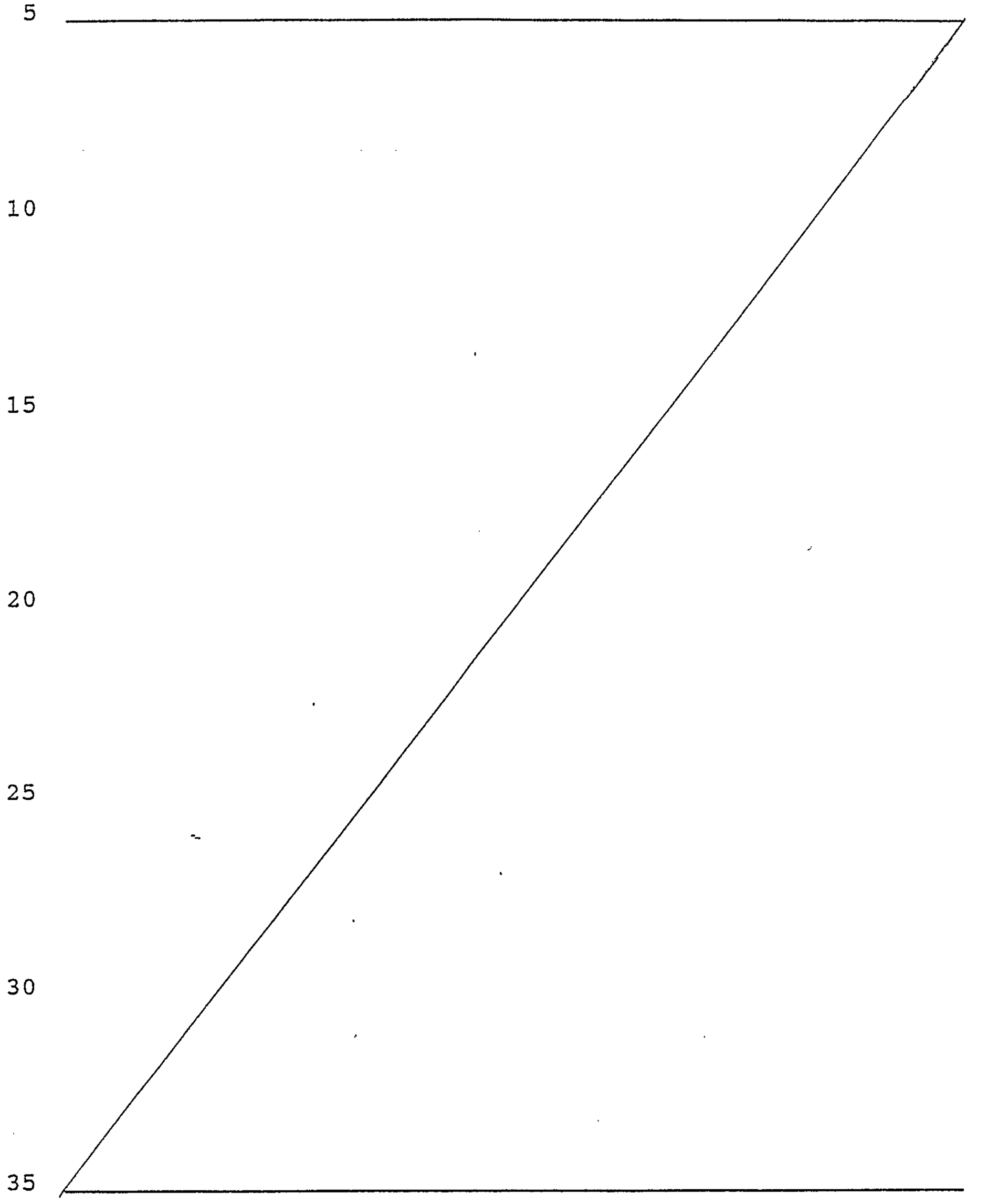
faire tourner le rotor du moteur dans une direction désirée en appliquant une séquence de démarrage dans laquelle au moins deux des trois phases du stator sont énergisées pour produire un champ magnétique.

Comme dans le cas de la demande de brevet européen No. EP-A-0,571,076, cette méthode pour démarrer un moteur a un inconvénient important dû au fait qu'on doit déplacer de façon aléatoire le rotor avant le démarrage. Plus spécifiquement, cela pose un problème dans le cas où le moteur est relié à une lourde charge et qu'il n'est pas possible de permettre un mouvement aléatoire du rotor avant son démarrage.

Connu dans l'art antérieur, il y a le brevet américain No 5,221,881 de Scott W. CAMERON dans lequel est décrit un circuit pour faire fonctionner un moteur polyphasé à courant continu. Aux lignes 52 à 60 de la première colonne, il est mentionné, par exemple, que selon une façon largement répandue le moteur est démarré dans une position connue puis une information relative à la position instantanée ou courante du moteur est produite. Une façon de produire une telle information sur la position instantanée du moteur a été développée en utilisant le procédé de commutation du moteur, et implique l'identification de la bobine exploratrice et la mesure de sa force contre-électromotrice qui est la force contre-électromotrice induite dans le bobine lorsque celui-ci se déplace à travers le champ magnétique produit par le stator. Cette méthode pour démarrer un moteur a un inconvénient dû au fait qu'on doit connaître la position du rotor au moment du démarrage. Pour connaître cette position du rotor au moment du démarrage, celui-ci doit être déplacé de façon substantielle par rapport au stator de façon à ce que la force contre-électromotrice puisse être mesurée. Plus spécifiquement, cela pose un problème dans le cas où le moteur est relié à une lourde charge et qu'il n'est pas possible de permettre un mouvement

substantiel aléatoire du rotor durant son démarrage.

Également connu dans l'art antérieur, il y a le brevet américain No 4,814,677 de Allan B. PLUNKETT dans lequel est décrit un circuit de contrôle d'orientation de



champ d'un moteur à aimant permanent. Aux lignes 22 à 29 de la colonne 7 de ce brevet, il est mentionné que l'amplitude du courant I_a est suffisante pour provoquer un déplacement du rotor selon son alignement naturel lorsque le champ magnétique du stator est appliqué. Après l'application du courant I_a pour une période de temps suffisante pour permettre un alignement du rotor, un convertisseur 37 est alimenté pour produire un courant en forme de rampe selon un axe ß ce qui produit une onde excitatrice de force magnétomotrice de rotation dans l'entrefer, produisant un couple amorçant une rotation du rotor. Encore une fois, l'inconvénient avec ce procédé est que lorsque le rotor est branché à une lourde charge, dans certaines occasions, il n'est pas possible de permettre un mouvement substantiel aléatoire du rotor durant un démarrage du moteur.

De plus, dans le brevet américain No 4,748,387 de Jiro TANUMA et al., il y est décrit un appareil et une méthode pour contrôler la position de démarrage du rotor d'un moteur à courant continu sans collecteur. Aux lignes 4 à 15 de la troisième colonne, il est mentionné que la méthode comprend des étapes où, au moment du démarrage du moteur, on effectue une commutation du courant appliqué aux bobinages de l'armature pour les exciter selon plusieurs phases différentes pour ainsi localiser le rotor par rapport à une position angulaire de démarrage. Pour tenir compte de l'éventualité où le rotor soit positionné à la position angulaire de démarrage, on enlève la charge reliée au rotor, au moins avant que la dernière phase ne soit excitée, et on contrôle ensuite la force d'entraînement en rotation en comptant les impulsions de sortie du moyen pour mesurer la vitesse pour ainsi détecter la position angulaire du rotor. La direction de rotation du rotor est contrôlée à partir d'impulsions de sortie du moyen pour mesurer la vitesse et du comptage final de ces impulsions de sortie. Encore une fois,

l'inconvénient avec cette méthode pour démarrer un moteur est que la charge reliée au rotor doit être enlevée durant l'opération de démarrage. Cette méthode ne permet pas un démarrage du moteur lorsque la charge est reliée au moteur.

Les documents suivants sont également connus dans l'art antérieur:

4,368,411	KIDD
4,409,530	NEEPER et al.
4,429,262	UTENICK
4,546,293	PETERSON et al.
4,712,050	NAGASAWA et al.
5,162,709	OHI
5,194,794	SHAMOTO
5,204,604	RADUN
5,221,880	BARTHOLOW et al.

Aucun de ces brevets ne présente une méthode pour démarrer un moteur dans un cas où le moteur est branché à une lourde charge et qu'aucun mouvement aléatoire substantiel du moteur n'est permis.

Un objet de la présente invention est de proposer une méthode et un appareil pour démarrer une machine à courant alternatif ayant un rotor et un stator muni d'enroulements même dans le cas où le moteur est branché à une lourde charge.

Selon la présente invention, il est proposé une méthode pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor et un stator muni d'enroulements, le rotor ayant une position initiale par rapport au stator, la méthode comprend les étapes suivantes (a) initialiser une phase de démarrage d'une première somme vectorielle de sommes vectorielles successives de courants destinées à être appliquée aux enroulements; (b) appliquer des sommes vectorielles successives de courants aux enroulements, chacune des sommes vectorielles successives ayant une phase, la méthode est caractérisée en ce qu'elle comprend

en outre les étapes suivantes:

(c) détecter, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée à l'étape (b), un mouvement du rotor ainsi qu'une direction de ce mouvement par rapport au stator;

(d) compenser, pour chaque mouvement et chaque direction détectés à l'étape (c), la phase PVE d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements pour ramener le rotor vers sa position initiale;

(e) détecter si le rotor a bougé par rapport au stator après l'application des sommes vectorielles successives de courants de l'étape (b) et soit augmenter la phase de démarrage d'une valeur différente d'un multiple de 180 degrés électriques si le rotor n'a pas bougé par rapport au stator et retourner à l'étape (b), ou bien aller à l'étape (f); et

(f) mémoriser la valeur de phase de la dernière des sommes vectorielles successives appliquée aux enroulements, ainsi la machine est maintenant prête à être mise en opération à partir de la valeur de phase mémorisée à l'étape (f).

De plus, selon la présente invention, il est également prévu un appareil pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor et un stator muni d'enroulements, le rotor ayant une position initiale par rapport au stator, l'appareil comprenant des moyens pour initialiser une phase de démarrage d'une première somme vectorielle de sommes vectorielles successives de courants destinée à être appliquée aux enroulements, et des moyens pour appliquer des sommes vectorielles successives de courants aux enroulements, chacune des sommes vectorielles successives ayant une phase, l'appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre:

des moyens pour détecter, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée, un mouvement du rotor

ainsi qu'une direction de ce mouvement par rapport au stator;

des moyens pour compenser, pour chaque mouvement et chaque direction qui ont été détectés, la phase d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements pour ramener le rotor vers sa position initiale;

des moyens pour augmenter la phase de démarrage d'une valeur différente d'un multiple de 180 degrés électriques si le rotor, après l'application des sommes vectorielles successives de courants, n'a pas bougé par rapport au stator; et

des moyens pour mémoriser une valeur de phase de la dernière des sommes vectorielles successives appliquée au rotor, ainsi la machine est maintenant prête à être mise en opération à partir de la valeur de phase mémorisée par les moyens pour mémoriser.

La présente invention vise aussi une méthode pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor et un stator muni d'enroulements, comprenant l'étape suivante (a) appliquer une séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants aux enroulements, la séquence de sommes vectorielles ayant des phases variables prédéterminées, la méthode étant caractérisée en outre en ce qu'elle comprend les étapes suivantes:

(b) détecter et mémoriser, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée à l'étape (a), un mouvement du rotor et une direction de ce mouvement par rapport au stator;

(c) établir une fonction F1 par rapport à la phase, basée sur les mouvements et les directions détectés à l'étape (b), et établir une fonction F2 par rapport à la phase, basée sur les amplitudes de la séquence de sommes vectorielles; et

(d) corréler mathématiquement une équation F résultant des fonctions F1 et F2 avec une équation

FEUILLE MODIFIEE

prédéterminée pour obtenir une différence de phase, ainsi la machine est maintenant prête à être mise en opération à partir de la différence de phase.

La présente invention vise aussi un appareil pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor et un stator muni d'enroulements, comprenant des moyens pour appliquer une séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants aux enroulements, la séquence de sommes vectorielles ayant des phases variables prédéterminées, l'appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre:

des moyens pour détecter et mémoriser, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée, un mouvement du rotor et une direction de ce mouvement par rapport au stator;

des moyens pour établir une fonction F1 par rapport à la phase, basée sur les mouvements et les directions desdits mouvements;

des moyens pour établir une fonction F2 par rapport à la phase, basée sur des amplitudes de la séquence de sommes vectorielles; et

des moyens pour corréler mathématiquement une équation F résultant des fonctions F1 et F2 avec une équation prédéterminée pour obtenir une différence de phase, ainsi la machine est maintenant prête à être mise en opération à partir de la différence de phase.

Les objets, avantages et autres caractéristiques de la présente invention deviendront plus apparents à la lecture de la description non limitative qui suit de modes de réalisation préférés montrés dans les dessins ci-joints.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 est un diagramme bloc montrant un appareil pour démarrer une machine synchrone selon la présente invention;

FEUILLE MODIFIEE

La figure 2 est un autre diagramme bloc montrant un appareil pour démarrer une machine synchrone selon la

FEUILLE MODIFIEE

présente invention;

Les figures 3A et 3B montrent un algorithme illustrant une méthode pour démarrer une machine synchrone selon la présente invention;

Les figures 4A, 4B et 4C montrent un autre algorithme illustrant une méthode pour démarrer une machine synchrone selon la présente invention;

Les figures 5A, 5B et 5C montrent un diagramme bloc montrant avec plus de détails un élément montré à la figure 1;

La figure 6 est un diagramme de circuit montrant avec plus de détails une partie d'un élément montré à la figure 1; et

La figure 7 est une vue en coupe partielle d'une machine synchrone.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES DESSINS

En se référant maintenant à la figure 1, il y est montré un appareil pour démarrer une machine synchrone 2 ayant un rotor (non montré) et un stator (non montré) munis d'enroulements (non montré). Le rotor et le stator muni d'enroulements sont montrés à la figure 7. Une telle machine synchrone avec un rotor et un stator muni d'enroulements est bien connue dans l'art. Le rotor a une position initiale inconnue par rapport au stator.

Par exemple, la machine synchrone est un moteur-roue d'un véhicule électrique comme celui qui est montré dans le brevet américain No 5,327,034. Comme on peut le comprendre facilement, aucun mouvement substantiel aléatoire du véhicule n'est permis durant le démarrage pour des raisons de sécurité.

L'appareil comprend des moyens pour initialiser 6 une phase de démarrage d'une première somme vectorielle de sommes vectorielles successives de courants destinée à être appliquée aux enroulements du stator au moyen des conducteurs d'alimentation 4; et des moyens pour appliquer

6, 8, 10 et 12 des sommes vectorielles successives de courants aux enroulements. Chacune des sommes vectorielles successives a une phase donnée.

L'appareil comprend également des moyens pour détecter 14 et 16, pour chacune des sommes vectorielles appliquée de courants, un mouvement du rotor de la machine 2 ainsi que la direction de ce mouvement par rapport au stator; des moyens pour compenser 6, pour chaque mouvement et chaque direction qui ont été détectés, la phase d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements de la machine 2 pour ramener le rotor vers sa position initiale; et des moyens pour augmenter 6 la phase de démarrage d'une valeur différente d'un multiple de 180 degrés électriques si le rotor de la machine 2, après l'application des sommes vectorielles successives de courants, n'a pas bougé par rapport au stator.

L'appareil comprend également des moyens pour mémoriser 6 la valeur de phase de la dernière des sommes vectorielles successives appliquée au rotor de la machine 2. Ainsi la machine 2 est maintenant prête à être mise en opération à partir de la valeur de phase mémorisée dans les moyens pour mémoriser 6.

Les moyens pour détecter 14 et 16 le mouvement du rotor de la machine 2 ainsi que la direction de ce mouvement par rapport au stator comprennent un compteur bidirectionnel 16 et un encodeur par incrément 14. L'encodeur par incrément 14 a une entrée 18 reliée au rotor de la machine 2, et une sortie 20 reliée à une entrée 22 du compteur bidirectionnel 16 qui lui a une sortie 36 branchée à l'entrée 37 de l'unité de contrôle 6.

De préférence, dans le cas où la machine est un moteur-roue d'un véhicule et qu'aucun mouvement substantiel aléatoire du véhicule n'est permis, la résolution de l'encodeur par incrément 14 doit être choisie de façon appropriée de façon à être suffisamment

élevée pour qu'un tout petit mouvement du rotor puisse être détecté et compensé même si le moteur-roue est immobilisé par un moyen de freinage.

Les moyens pour initialiser, les moyens pour augmenter, les moyens pour mémoriser et les moyens pour compenser font tous partie de l'unité de contrôle 6 qui est munie d'une entrée 39 pour recevoir une commande. L'unité de contrôle 6 est une unité de traitement de signal digital TM320C30 pourvue d'un logiciel d'opération.

Les moyens pour appliquer 6, 8, 10 et 12 comprennent une unité de contrôle 6 pourvue d'un logiciel d'opération; un détecteur de courant 8 ayant des entrées 24 pour détecter les courants appliqués aux enroulements de la machine 2 et une sortie numérique 26 branchée à une entrée 27 de l'unité de contrôle 6; un convertisseur 10 ayant des sorties 28 pour appliquer les sommes vectorielles successives de courants aux enroulements de la machine 2 au moyen de conducteurs d'alimentation 4, une entrée 11 pour recevoir une tension d'alimentation et une entrée 30 pour recevoir des signaux de commande d'une sortie 29 de l'unité de contrôle 6; et un détecteur de tension 12 ayant une entrée 32 pour mesurer une tension d'alimentation Vdc appliquée au convertisseur 10 et une sortie numérique 34 branchée à une entrée 35 de l'unité de contrôle 6.

En se référant maintenant à la figure 3, il y est montré une méthode pour démarrer une machine synchrone 2 ayant un rotor et un stator muni d'enroulements. La méthode peut être réalisé par l'appareil décrit ci-dessus. Le rotor a une position initiale par rapport au stator.

La méthode comprend la première étape suivante (a) initialiser une phase de démarrage d'une première somme vectorielle de sommes vectorielles successives de courants destinée à être appliquée aux enroulements de la machine 2.

De préférence, l'étape (a) comprend les étapes suivantes (i) déterminer une position arbitraire du rotor

et la mémoriser dans une variable MEMCNT; (ii) mémoriser une valeur zéro dans une variable INT qui représente l'erreur intégrée de la phase; (iii) mémoriser une valeur de zéro dans une variable AVE qui représente une amplitude; (iv) augmenter la variable AVE d'une valeur inc ayant par exemple la valeur de 0.02; (v) vérifier si la variable AVE est plus grande qu'une constante AVEmax ayant une valeur de 200 par exemple, cette condition est bien sûr toujours négative durant l'étape d'initialisation (a); (vi) détecter de nouveau la position du rotor et mémoriser cette position dans une variable CNT qui, à ce point, a la même valeur que la variable MEMCNT parce que le rotor n'a pas bougé; (vii) calculer une erreur intégrée au moyen de l'équation suivante: INT=K*(CNT-MEMCNT)+INT où K est une constante et a par exemple la valeur de -0.02, la valeur de INT demeurant la même parce que, à ce point, CNT est égal à MEMCNT; (viii) mémoriser la somme CNT et INT dans la variable PVE, qui représente la phase de la première somme vectorielle des sommes vectorielles successives de courants, (ix) détecter la tension appliquée au convertisseur et mémoriser la valeur de cette tension dans une variable Vdc; (x) détecter les trois courants appliqués à la machine 2 et mémoriser les valeurs de ces trois courants dans les variables Ia, Ib et Ic, qui à ce stade dans l'étape d'initialisation ont des valeurs de zéro; et (xi) calculer des valeurs PWMa, PWMb et PWMc à partir des valeurs de PVE, AVE, Vdc, Ia, Ib et Ic. La phase de démarrage de la première somme vectorielle des sommes vectorielles successives de courants est maintenant initialisée.

La méthode comprend aussi l'étape suivante (b) appliquer des sommes vectorielles successives de courants aux enroulements, chacune des sommes vectorielles successives ayant une phase.

De préférence, cette étape (b) comprend des étapes suivantes (xii) produire un signal de commande Cmd pour le

convertisseur, identifié par le numéro 10 sur la figure 1, résultant des valeurs PWMa, PWMb et PWMc, retourner à l'étape (iv), et répéter les étapes (iv) à (xii) jusqu'à ce que la condition de l'étape (v) soit satisfaite.

Plus précisément, l'étape (b) comprend les étapes suivantes (iv) déterminer, pour chacune des sommes vectorielles successives de courant appliquée aux enroulements, une valeur d'amplitude augmentée d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants destinée à être appliquée aux enroulements; et (v) déterminer si la valeur d'amplitude augmentée de la somme vectorielle subséquente a atteint une valeur d'amplitude prédéterminée et soit terminer l'application des sommes successives de courants appliquées à l'étape (b) et aller à l'étape (e) si la valeur d'amplitude augmentée de la somme vectorielle subséquente a atteint la valeur d'amplitude prédéterminée, ou continuer l'application des sommes vectorielles successives de l'étape (b).

De préférence, dans l'étape (b), chacune des sommes vectorielles successives de courants est appliquée aux enroulements au moyen de signaux d'impulsion modulés en largeur.

La méthode comprend aussi l'étape suivante (c) détecter, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée à l'étape (b), un mouvement du rotor de la machine 2 ainsi que la direction de ce mouvement par rapport au stator. De préférence, cette étape est réalisée par les étapes (vi), (vii) et (viii) décrites ci-dessus.

La méthode comprend également l'étape suivante (d) compenser, pour chaque mouvement et chaque direction détectés à l'étape (c) la phase d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements pour ramener le rotor vers sa position initiale. De préférence, cette étape est

réalisée dans l'étape (xi) décrite ci-dessus où les valeurs de PWMa, PWMb et PWMc sont calculées de façon à prendre en considération la dernière erreur intégrée calculée INT par laquelle la compensation est réalisée.

De préférence, dans l'étape (d), la phase d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements est compensée au moyen des équations suivantes PVE=INT+CNT, INT=K*MOV+INT1, où PVE est la phase d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants, INT1 est l'erreur intégrée de la dernière erreur intégrée calculée, INT est l'erreur intégrée, MOV égale (CNT-MEMCNT) qui représente le mouvement et la direction de ce mouvement détectés à l'étape (c) par rapport à la position initiale, CNT est une valeur représentative de la position du rotor et K est une constante prédéterminée.

La méthode comprend également l'étape suivante (e) détecter si le rotor a bougé par rapport au stator après avoir appliqué les sommes vectorielles successives de courants pour ainsi soit augmenter la phase de démarrage d'une valeur différente d'un multiple de 180 degrés électriques, qui est de préférence 90 degrés électriques, si le rotor n'a pas bougé par rapport au stator et retourner à l'étape (b) ou aller à l'étape (f).

De préférence, l'étape (e) est réalisée après que la condition de l'étape (v) ait été considérée comme positive, et comprend l'étape suivante (xiii) vérifier si INT est égal à zéro ce qui veut dire que le rotor n'a pas bougé et, si cette condition est positive, les étapes additionnelles suivantes sont réalisées (xiv) mémoriser une valeur de 90 degrés dans la variable INT, (xv) mémoriser une valeur de zéro dans la variable AVE et retourner à l'étape (iv).

La méthode comprend également l'étape suivante (f) mémoriser, après que la condition de l'étape (e) ait été

considérée comme négative, la valeur d'erreur intégrée INT de la dernière des sommes vectorielles successives appliquée aux enroulements dans une variable MPVE, ainsi la machine 2 est maintenant prête à être mise en opération à partir de la valeur d'erreur intégrée mémorisée à l'étape (f). De préférence, cette étape (f) comprend l'étape suivante (xvi) mémoriser la valeur de la variable INT dans une variable MPVE qui est la valeur de l'erreur de phase à partir de laquelle la machine est maintenant prête pour être mise en opération.

L'appareil montré à la figure 1 peut aussi être utilisé pour réaliser un second appareil pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor (non montré) et un stator (non montré) muni d'enroulements (non montré). Ce second appareil est différent de l'appareil décrit ci-dessus parce que le logiciel d'opération de son unité de contrôle est différent.

Ce second appareil comprend des moyens pour appliquer 6, 8, 10 et 12 une séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants aux enroulements de la machine 2, la séquence de sommes vectorielles ayant des phases variables prédéterminées; des moyens pour détecter et mémoriser 6, 14 et 16, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée, un mouvement du rotor de la machine 2 et la direction de ce mouvement par rapport au stator; des moyens pour établir 6 une fonction F1 par rapport à la phase, basée sur les mouvements et directions détectés; des moyens pour établir 6 une fonction F2 par rapport à la phase, basée sur les amplitudes de la séquence de sommes vectorielles; et des moyens pour établir une corrélation mathématique (6) entre une équation établie à partir des fonctions F1 et F2 avec une équation prédéterminée pour obtenir une différence de phase, ainsi la machine 2 est prête à être mise en opération à partir de cette différence de phase.

De préférence, les moyens pour détecter et mémoriser

le mouvement du rotor de la machine 2 et la direction de ce mouvement par rapport au stator comprennent une unité de contrôle 6 munie d'un logiciel d'opération, un compteur bidirectionnel 16 ayant une sortie 36 branchée à l'entrée 37 de l'unité de contrôle 6, et un encodeur par incrément 14 ayant une entrée 18 reliée au rotor de la machine 2 et une sortie 20 branchée à une entrée 22 du compteur bidirectionnel 16. De préférence, les moyens pour établir la fonction F1, les moyens pour établir la fonction F2 et les moyens pour effectuer une corrélation mathématique font tous partie de l'unité de contrôle 6 qui est munie d'un logiciel d'opération approprié pour réaliser ces moyens.

De préférence, les moyens pour appliquer comprennent l'unité de contrôle 6 qui est munie d'un logiciel d'opération approprié; un détecteur de courant 8 ayant des entrées 24 pour mesurer les courants appliqués aux enroulements de la machine 2 au moyen de conducteurs d'alimentation 4, et une sortie numérique 26 branchée à une entrée 27 de l'unité de contrôle 6; un convertisseur 10 ayant des sorties 28 pour appliquer les sommes vectorielles successives de courants aux enroulements, une entrée 11 pour recevoir une tension d'alimentation, et une entrée 30 pour recevoir des signaux de commande d'une sortie 29 de l'unité de contrôle 6; et un détecteur de tension 12 ayant une entrée 32 pour mesurer une tension d'alimentation Vdc appliquée au convertisseur 10, et une sortie numérique 34 branchée à une entrée 35 de l'unité de contrôle 6.

En se référant maintenant à la figure 4, il y est montré une seconde méthode pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor et stator muni d'enroulements, qui peut être réalisée par l'appareil décrit ci-dessus.

Cette seconde méthode comprend les étapes suivantes (a) appliquer une séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants aux enroulements de la machine 2.

La séquence de sommes vectorielles ayant des phases variables prédéterminées.

De préférence, l'étape (a) comprend les étapes suivantes (i) déterminer une position arbitraire du rotor de la machine 2 et mémoriser cette position arbitraire dans la variable MEMCNT; (ii) mémoriser une valeur de zéro dans la variable PVE qui représente une phase; (iii) mémoriser la valeur de K1 dans la variable AVE qui représente une amplitude, K1 ayant par exemple la valeur de 200; (iv) détecter la valeur de la tension appliquée au convertisseur 10 et mémoriser cette valeur dans la variable Vdc; (v) mesurer les valeurs des courants appliqués à la machine 2 et mémoriser ces valeurs dans les variables Ia, Ib et Ic, à ce stade ces valeurs sont nulles étant donné qu'aucun courant n'a encore été appliqué à la machine 2; (vi) calculer des valeurs de PWMa, PWMb et PWMc à partir des valeurs de PVE, AVE, Vdc, Ia, Ib et Ic; (vii) produire un signal de commande Cmd pour le convertisseur 10 à partir des valeurs PWMa, PWMb et PWMc; (x) mémoriser la valeur de PVE+K2 dans la variable PVE où K2 est une constante et a par exemple la valeur de 10^{-6}, et mémoriser la valeur de AVE*K3 dans la variable AVE où K3 a une valeur alternant selon un intervalle de 200 μsec entre les valeurs de -1 et +1; et (xi) vérifier si la valeur de la variable PVE est plus grande que la valeur d'une constante K4 ayant par exemple la valeur de 360° et répéter les étapes (iv) à (xi) aussi longtemps que la condition de l'étape (xi) est négative.

De préférence, dans l'étape (a) la séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants appliquée aux enroulements a des phases variables prédéterminées qui varient d'une première valeur de phase prédéterminée à une seconde valeur de phase prédéterminée. Par exemple, la première valeur de phase prédéterminée est 0° et la seconde valeur de phase prédéterminée est 360° ce qui est la valeur de K4.

De préférence, dans l'étape (a) chaque somme vectorielle de la séquence de sommes vectorielles de courants est appliquée aux enroulements au moyen de signaux d'impulsion modulés en largeur.

La méthode comprend également l'étape suivante (b) détecter et mémoriser, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée à l'étape (a), un mouvement du rotor et une direction de ce mouvement par rapport au stator. De préférence, l'étape (b) comprend, après l'étape (vii) et avant l'étape (xi), l'étape suivante (viii) détecter la position du rotor et mémoriser cette position dans la variable CNT.

La méthode comprend également l'étape suivante (c) établir une fonction F1 qui représente les variations des mouvements du rotor ainsi que les différentes directions de ce mouvement, par rapport à la phase des sommes vectorielles de courants, et établir une fonction F2 qui représente les variations des amplitudes des sommes vectorielles de courants par rapport à la phase des sommes vectorielles de courants. De préférence, l'étape (c) comprend, après l'étape (vii) et avant l'étape (xi), l'étape suivante (ix) mémoriser, pour chaque valeur de phase des sommes vectorielles de courants, des fonctions F1 et F2 où F1=CNT-MEMCNT et F2=AVE.

Lorsque la condition de l'étape (xi) est positive, cela veut dire que la collecte de données est terminée. En conséquence, la machine 2 peut être arrêtée. L'arrêt de la machine 2 comprend les étapes suivantes (xii) mémoriser une valeur de zéro dans la variable AVE; (xiii) mesurer la valeur de la tension appliquée au convertisseur 10 et mémoriser cette valeur dans la variable Vdc; (xiv) mesurer les valeurs de courants appliqués à la machine 2 et mémoriser ces valeurs dans les variables Ia, Ib et Ic; (xv) calculer les valeurs de PWMa, PWMb et PWMc à partir des valeurs de PVE, AVE, Vdc, Ia, Ib et Ic; et (xvi) produire un signal de commande Cmd pour le convertisseur

10 à partir des valeurs PWMa, PWMb et PWMc. La machine est alors arrêtée.

La méthode comprend également l'étape suivante (d) effectuer une corrélation mathématique entre une équation F établie à partir des fonctions F1 et F2 avec une équation prédéterminée pour obtenir une différence de phase qui est mémorisée dans une variable MPVE. La machine est alors maintenant prête à être mise en opération à partir de cette différence de phase. De préférence, l'étape (d) comprend les étapes suivantes (xvii) calculer la deuxième dérivée F1'' de la fonction F1 où:

$$F1'' = \frac{d(d(F1))}{d\theta\, d\theta}$$

et (xiv) normaliser la fonction F1'' au moyen de la fonction F2 pour obtenir l'équation F qui résulte des fonctions F1 et F2 au moyen de l'équation suivante: F=F1''*F2.

De préférence, la corrélation de l'étape (d) est faite au moyen de la méthode des moindres carrés. L'équation prédéterminée avec laquelle la corrélation de l'étape (d) est effectuée définit un sinus et est représentée par l'équation suivante AMPL*Sin(θ + ladite différence de phase) où AMPL est représentatif d'une amplitude et θ est représentatif des phases variables.

En se référant maintenant à la figure 2, on remarque que l'encodeur par incrément 14 a une seconde sortie 40 pour générer un signal d'index 42; et que le compteur bidirectionnel 16 a une entrée de charge 44 pour recevoir le signal d'index. Ainsi le signal d'index est utilisé comme un signal de charge pour confirmer la position absolue du rotor par rapport au stator lorsque le moteur synchrone est en opération.

En se référant maintenant à la figure 5, il y est montré un mode de réalisation préférentiel de l'unité de contrôle 6 pour calculer les valeurs PWMa, PWMb et PWMc

montrées aux figures 1 et 2. Les valeurs de courant de commande Iac, Ibc, et Icc sont calculées à partir des valeurs AVE et PVE obtenues à partir des entrées 37 et 39. Les valeurs de force contre-électromotrice FEMa, FEMb et FEMc sont calculées à partir des valeurs PVE, θ et ψd où ψd est une constante représentative d'une force magnétomotrice. Les valeurs d'erreur ERa, ERb et ERc sont calculées à partir des valeurs de commande de courant Iac, Ibc et Icc et des valeurs de courant Ia, Ib et Ic. Les valeurs de REa, REb et REc sont calculées au moyen d'un algorithme PID (Proportionnel Intégral Différentiel) qui utilise des valeurs de FEMa, FEMb et FEMc. Les valeurs de PWMa, PWMb et PWMc sont calculées à partir des valeurs de Vdc, REa, REb et REc et sont appliquées à la sortie 29.

En se référant maintenant à la figure 6, il y est montré un mode de réalisation préférentiel du convertisseur 10 montré aux figures 1 et 2. Le convertisseur de puissance 10 est utilisé pour appliquer des courants à la machine synchrone 2 (montré aux figures 1 et 2) via les sorties 28. Six interrupteurs de puissance 80 d'un type IGBT sont branchés à l'alimentation Vdc via l'entrée 11. Les interrupteurs de puissance ont des entrées 81 pour recevoir les signaux de commande à partir des sorties des pilotes de gâchette 83. Ces pilotes de gâchette 83 ont des entrées 78 pour recevoir les signaux de commande PWMa, PWMb et PWMc via l'entrée 30. Un condensateur de puissance 82 est branché dans l'entrée 11 pour filtrer l'alimentation Vdc.

En se référant maintenant à la figure 7, il y est montré une vue en coupe partielle de la machine synchrone. Les enroulements de phase A, B et C sont montés sur le stator 92. Des aimants 91 sont montés sur le rotor 93. La valeur de MPVE est la valeur de l'angle α entre la position vectorielle 94 du rotor 93 et la position vectorielle 95 du stator 92. Les moyens pour détecter le mouvement du rotor 93 ainsi que la direction de ce

mouvement par rapport au stator 92 comprennent un anneau d'encodage 97 coopérant avec une tête de lecture d'encodage fixe 98.

À titre d'exemple, un listage complet du logiciel utilisé pour démarrer une machine synchrone suit:

```
/*****************************************************/
/*                    programme MOT                  */
/*****************************************************/

static unsigned int *CONTMIX=(unsigned int*)0x800000u;
      /*Contr.Mix Bus */
static unsigned int *CONTACQ   = (unsigned int *)0x804000u;
      /*Contr.Carteacq*/
static unsigned int *CONTDMA   = (unsigned int *)0x808000u;
      /*Contr.DMA     */
static unsigned int *CONTIM1   = (unsigned int *)0x808030u;
      /*Contr.Timer1  */

#include <v:\SOURCE\MOT\VMOTOV31.H> /*insert vecteur VECT */
#include <v:\SOURCE\MOT\SINU1.H>  /* insert vecteur SINUS */

static VVV   *VECT1;              /* definir pointeur VECT1*/
static float *SINUS;              /* definir pointeur SINUS*/

extern INT_02();                  /*definir pointeur inter.*/

/*****************************************************/
/*********  DEBUT PROGRAMME CALCUL 20KHz  ************/
/*****************************************************/

INT_02()
 {

/**************  RESET ET DISABLE INT.#02    ***************/
```

```
asm("        LDI  0Ah        ,R0  ");
asm("        STI  R0         ,*AR0");
     /* enable reset INT MIX 4283 */

/*****************  PULSE TIMER #01 OUT A ON    ***************/

    asm("        LDI  206h       , R7  ");
    asm("        STI  R7         ,*AR5 ");

/*  TRANSFERT DMAOUT                          */
#include <v:\SOURCE\MOT\DMAOUT.H>

/*  ACQUISITION DE LA POSITION                */
#include <v:\SOURCE\MOT\ACQPOS20.H>

/*  ACQUISITION DE LA VITESSE ET ACCEL.       */
#include <v:\SOURCE\MOT\ACQVIAC2.H>

/*  CALCUL DE AMPL                            */
#include <v:\SOURCE\MOT\CALAMP.H>

/*  CALCUL DE Iac Ibc ET Icc                  */
#include <v:\SOURCE\MOT\CALIABC.H>

/*  ACQUISITION DE Iabc ET NORMALISATION      */
#include <v:\SOURCE\MOT\ACQIABC.H>

/*  INITIALISATION CALCUL OFFSET              */
#include <v:\SOURCE\MOT\INIOFFS.H>

/*  ORGANE DE REGULATION                      */
#include <v:\SOURCE\MOT\CALPID.H>

/*  CALCUL DE FEM EA,EB,EC                    */
#include <v:\SOURCE\MOT\CALFEM.H>
```

```
    /*  ACQUISITION DE Vdc ET NORMALISATION  */
    #include <v:\SOURCE\MOT\ACQVDC.H>

    /*  ACQUISITION DE COUPLE ET NORMALISATION */
    #include <v:\SOURCE\MOT\ACQCOUP.H>

    /*  CALCUL DE VAC                          */
    #include <v:\SOURCE\MOT\CALVABC.H>

    /*  CALCUL POUR OUT FPGA                   */
    #include <v:\SOURCE\MOT\OUTFPGA.H>

    /*  transfert DMAIN                        */
    #include <v:\SOURCE\MOT\DMAIN.H>

    /*  PULSE TIMER #01 OUT A OFF              */
    asm("NDMAIN  LDI  202h      , R7  ");
    asm("        STI  R7        ,*AR5 ");

    /*  ENABLE INTERRUPT MIX ET C30            */

    asm("        LDI  0         ,IF  ");
    asm("        LDI  14        ,R0  ");/*enable INT MIX 4283*/
    asm("        STI  R0        ,*AR0");
    asm("        OR   2000h     ,ST  "); /* set GIE enable   */

     }
    /*************************************************************/
    /*******      FIN PROGRAMME CALCUL 20KHz  ******************/
    /*************************************************************/
    main()
    {
        SINUS = SINUS1;  /*l'adr. de depart de SINUS*/
        VECT1 = &VECT;   /*l'adr. de depart de VECT */
```

```
/********** INIT. EXPANSION BUS ET VECT. INT. #02 **********/

*(unsigned int *)0x808060 = 0x78;/* exp. bus wait state=3 */
*(unsigned int *)0x809808 = (int)&INT_02 | 0x60000000;
      /* set vect.int02*/

/*  TRANSFERT VECTEUR DANS DRAM          */
#include <v:\SOURCE\MOT\TRANVEC.H>

/*  SET L'ADRESSE DES POINTEURS          */
#include <v:\SOURCE\MOT\SETADD.H>

/*  INIT. CARTE D'ACQUISITION            */
#include <v:\SOURCE\MOT\INIACQ.H>

/*  DEPART DU SYSTEME INTERRUPT          */
#include <v:\SOURCE\MOT\DEPINT.H>

/*********      boucle sans fin                    **********************/
    asm("LAB1:   NOP");
    asm("        NOP");
    asm("        NOP");
    asm("        BRD    LAB1");
    asm("        NOP");
    asm("        NOP");
    asm("        NOP");
    asm("        NOP");
}
typedef struct
 {
/********************** CONSIGNES  **********************/
/* 0   */ unsigned int                    STATUS_VE;
/* 1   */          float  Tcons;
/* 2   */          float                  Pdisp;
/* 3   */          float                  X3;
```

```
    /* 4   */          float  Vcons;                              /* motf.c
    */
    /* 5   */ unsigned int    Phase;
    /* 6   */          float kteta;                               /* initenc
 5  */
    /* 7   */          float tinc;                                /* initenc
    */
    /* 8   */          float tpred;                               /* initenc
    */
10  /* 9   */          float  _Inert;                             /* motf1.c
    */
    /* 10  */           float  IntW;                               /* motf.c
    */
    /* 11  */           float  KpW;                                /* motf.c
15  */
    /********************** CONSTANTES **********************/
    /* 12  */           float  KP;
    /* 13  */          float  KPTETA;                                 /* INITENC
    */
20  /* 14  */           float  KD2;
    /* 15  */           float  OFS_X;
    /* 16  */           float  KI1;
    /* 17  */           float  Imax;
    /* 18  */           float  Cphase;
25  /* 19  */           float  XVdc;
    /* 20  */           float  KOUT1;
    /* 21  */           float  KOUT2;
    /* 22  */           float  BORNE_I;
    /* 23  */           float  NO_Iabce;
30  /* 24  */           float  NO_Dist;
    /* 25  */           float  NO_Temps;
    /* 26  */           float  NO_Vdce;
    /* 27  */           float  PSI;
    /* 28  */           float  AVA_PHASE;
35  /* 29  */           float  _15PSI;
    /* 30  */           float  NO_Tc;
```

```
    /* 31  */          float  NO_Temp1;                    /* motf1.c
    */
    /* 32  */          float  NO_Temp2;                    /* motf1.c
    */
/* 33  */ unsigned int                          X33;
    /* 34  */ unsigned int                      X34;
    /* 35  */ unsigned int                      X35;
    /* 36  */ unsigned int                      X36;
    /* 37  */ unsigned int                      X37;
/* 38  */ unsigned int V_vecom;
    /* 39  */ unsigned int V_prog;
    /* 40  */ unsigned int V_vers;
    /* 41  */ unsigned int                      X41;
    /* 42  */ unsigned int                      X42;
/* 43  */ unsigned int                          X43;
    /* 44  */ unsigned int                      X44;
    /* 45  */ unsigned int                      X45;
    /* 46  */ unsigned int                      X46;
    /* 47  */ unsigned int                      X47;
/* 48  */ unsigned int                          X48;
    /* 49  */ unsigned int                      X49;
    /* 50  */ unsigned int                      X50;
    /* 51  */ unsigned int                      X51;
    /* 52  */          float emboit;
/* 53  */          float BorneIW;                  /* motf.c */
    /* 54  */          float Filtel;
    /* 55  */          float Filte2;
    /* 56  */          float Periode;
    /* 57  */          float X_INTEG;
/* 58  */ unsigned int VECT_DRAM;
    /* 59  */ unsigned int ADR_OSCIL;
    /* 60  */ unsigned int                              X60;
    /* 61  */ unsigned int PROGCARTEACQUIT;
    /* 62  */ unsigned int LIRECARTEPROT;
/* 63  */ unsigned int LIRECARTEACQUIT;
    /********************** MESURE CALCUL *****************/
```

```
        /* 64  */ unsigned int                    STATUS_MR;
        /* 65  */          float  dPmec;
        /* 66  */          float  Wmec;
        /* 67  */          float  Amec;
        /* 68  */          float  Treel;
        /* 69  */          float  TcW;              /* motf.c */
        /* 70  */          float                 Temp_r;
        /* 71  */          float                 Temp_s;
        /* 72  */          float  Vdc;
        /* 73  */ unsigned int    EnerP;
        /* 74  */ unsigned int    EnerN;
        /* 75  */          float  Iq;
        /* 76  */          float  Puis;
        /* 77  */          float                  X77;
        /* 78  */          float                  X78;
        /* 79  */          float  TETAF;
        /* 80  */          float  Temp1;            /* motf1.c */
        /* 81  */          float  Temp2;            /* motf1.c */
        /* 82  */          float                 X82;
        /* 83  */          float  Tcons1;
        /********************* VARIABLES **********************/
        /* 84  */          float  IA;
        /* 85  */          float  IB;
        /* 86  */          float  IC;
        /* 87  */ unsigned int    TETA;
        /* 88  */          float  EA;
        /* 89  */          float  EB;
        /* 90  */          float  EC;
        /* 91  */          float  IAC;
        /* 92  */          float  IBC;
        /* 93  */          float  ICC;
        /* 94  */          float                       X94;
        /* 95  */          float                       X95;
        /* 96  */          float                       X96;
        /* 97  */          float  VAC;
        /* 98  */          float  VBC;
```

```
    /* 99  */          float  VCC;
    /* 100 */          float  IMVA;
    /* 101 */          float  IMVB;
    /* 102 */          float  IMVC;
    /* 103 */          float  prot_dcmax;
    /* 104 */          float  prot_dcmin;
    /* 105 */          float  prot_dc;
    /* 106 */ unsigned int                  X106;
    /* 107 */ unsigned int                  X107;
    /* 108 */ unsigned int                  X108;
    /* 109 */ unsigned int                  X109;
    /* 110 */ unsigned int    TRIG_OSCIL;
    /* 111 */ unsigned int    CALVIT;
    /* 112 */ unsigned int    CntEnerg;
    /* 113 */ unsigned int    TETA_INI;     /* initenc */
    /* 114 */ float           SomEnerP;
    /* 115 */ float           SomEnerN;
    /* 116 */ float           DTET;         /* INITENC */
    /* 117 */ float           teta_SOM;     /* initenc */
    /* 118 */ float           tsom;         /* initenc */
    /* 119 */ unsigned int    DTETAVI;
    /* 120 */ unsigned int    COMPT_OSCIL;
    /* 121 */ float           SOM_OFSIA;
    /* 122 */ float           SOM_OFSIB;
    /* 123 */ float           SOM_OFSIC;
    /* 124 */ unsigned int    CAL_OFS;
    /* 125 */          float   _Vdc;
    /* 126 */          float   INTW;          /* motf.c */
    /* 127 */          float                  X127;
    /* 128 */          float   ERAD1;
    /* 129 */          float   ERBD1;
    /* 130 */          float   ERCD1;
    /* 131 */          float   ERAED1;
    /* 132 */          float   ERBED1;
    /* 133 */          float   ERCED1;
    /* 134 */          float   OFS_IA;
```

```
        /* 135 */          float  OFS_IB;
        /* 136 */          float  OFS_IC;
        /* 137 */          float  ERAEI1;
        /* 138 */          float  ERBEI1;
        /* 139 */          float  ERCEI1;
    }VVV;

    static VVV VECT =
        {
/********************** CONSIGNES  **********************/
    /* 0    unsigned int                STATUS_VE; */    0,
    /* 1             float  Tcons;                */    0.0,
    /* 2             float                Pdisp; */    0.0,
    /* 3             float                   X3; */    0.0,
    /* 4             float  Vcons;                */    0.0,   /* motf.c
    */
    /* 5    unsigned int    Phase;                */    182,
    /* 6             float  kteta;                */   -6E-3,  /* initenc
    */
    /* 7             float  tinc;                 */    2E-2,  /* initenc
    */
    /* 8             float  tpred;                */    300.0, /* initenc
    */
    /* 9              float  _Inert;              */   18.4E-3,
    /* 10             float  IntW;                */    0.010, /* motf.c
    */
    /* 11             float  KpW;                 */   30.0,   /* motf.c
    */
/********************** CONSTANTES **********************/
    /* 12             float  KP;                  */    1.5,
    /* 13             float  KPTETA;              */   -5.0,
    /* 14             float  KD2;                 */    0.0,
    /* 15             float  ofs_x;               */   -0.001,
    /* 16             float  KI1;                 */    0.5,
    /* 17             float  Imax;                */    350.0,
    /* 18             float  Cphase;              */    0.041,
```

```
    /* 19          float  XVdc;                */    0.48,
    /* 20          float  KOUT1;               */    512.0,
    /* 21          float  KOUT2;               */    255.5,
    /* 22          float  BORNE_I;             */    40.0,
    /* 23          float  NO_Iabc;             */    -0.183,
    /* 24          float  NO_Dist;             */    1.53398E-3,
    /* 25                  float   NO_Temps;                   */
    100.0,/*195.3125E-9,12msec.*/
    /* 26          float  NO_Vdce;             */    0.31279,
    /* 27          float  PSI;                 */    2.6089,
    /* 28          float  AVA_PHASE;           */    0.048,
    /* 29          float  _1.5PSI;             */    0.24867,
    /* 30          float  NO_Tc;               */    0.0,
    /* 31          float  NO_Temp1;            */    0.24425,      /*
    motf1.c */
    /* 32          float  NO_Temp2;            */    0.24425,      /*
    motf1.c */
    /* 33   unsigned int                       X33; */    0,
    /* 34   unsigned int                       X34; */    0,
    /* 35   unsigned int                       X35; */    0,
    /* 36   unsigned int                       X36; */    0,
    /* 37   unsigned int                       X37; */    0,
    /* 38   unsigned int  V_vecom;                 */    9410200,
    /* 39   unsigned int  V_prog;                  */    31010,
    /* 40   unsigned int  V_vers;                  */    31000,
    /* 41   unsigned int                       X41; */    0,
    /* 42   unsigned int                       X42; */    0,
    /* 43   unsigned int                       X43; */    0,
    /* 44   unsigned int                       X44; */    0,
    /* 45   unsigned int                       X45; */    0,
    /* 46   unsigned int                       X46; */    0,
    /* 47   unsigned int                       X47; */    0,
    /* 48   unsigned int                       X48; */    0,
    /* 49   unsigned int                       X49; */    0,
    /* 50   unsigned int                       X50; */    0,
    /* 51   unsigned int                       X51; */    0,
```

```
    /* 52          float  emboit;                */    0.04,
    /* 53           float  BorneIW;                 */  600.0,      /*
    motf.c */
    /* 54          float  Filtrel;               */    0.05,
    /* 55          float  Filtre2;               */    0.95,
    /* 56          float  Periode;               */    50.0e-6,
    /* 57          float  X_INTEG;               */    0.333333,
    /* 58   unsigned int   DRAMIN ;              */    0x200002,
    /* 59   unsigned int   ADR. OSCIL.;          */    0x200100,
    /* 60   unsigned int                   X60; */    0x0,
    /* 61   unsigned int   PROG.CARTE ACQU.;     */    0x18000,
    /* 62   unsigned int   LIRE CARTE PROT.;     */    0x10000,
    /* 63   unsigned int   LIRE CARTE ACQU.;     */    0x38000,
    /********************** MESURE CALCUL ****************/
    /* 64   unsigned int             STATUS_MR; */    0,
    /* 65          float  dPmec;                 */    0.0,
    /* 66          float  Wmec;                  */    0.0,
    /* 67          float  Amec;                  */    0.0,
    /* 68          float  Treel;                 */    0.0,
    /* 69           float  Tcw;                   */    0.0,   /* mot.c
    */
    /* 70          float          Temp_r; */    0.0,
    /* 71          float          Temp_s; */    0.0,
    /* 72          float  Vdc;                   */    0.0,
    /* 73   unsigned int   EnerP;                */    0,
    /* 74   unsigned int   EnerN;                */    0,
    /* 75          float  Iq;                    */    0.0,
    /* 76          float  Puis;                  */    0.0,
    /* 77           float          X77;   */    0.0,
    /* 78           float          X78;   */    0.0,
    /* 79           float  TETAF;                 */    0.0,
    /* 80          float  Temp1;                 */    0.0,   /* motf1.c
    */
    /* 81          float  Temp2;                 */    0.0,   /* motf1.c
    */
    /* 82           float                X82; */    0.0,
```

```
    /* 83              float  Tcon1;                    */    0.0,
    /********************** VARIABLES **********************/
    /* 84              float  IA;                       */    0.0,
    /* 85              float  IB;                       */    0.0,
    /* 86              float  IC;                       */    0.0,
    /* 87    unsigned  int    TETA;                     */    0,
    /* 88              float  EA;                       */    0.0,
    /* 89              float  EB;                       */    0.0,
    /* 90              float  EC;                       */    0.0,
    /* 91              float  IAC;                      */    0.0,
    /* 92              float  IBC;                      */    0.0,
    /* 93              float  ICC;                      */    0.0,
    /* 94              float                  X94; */    -4.31,
    /* 95              float                  X95; */     4.31,
    /* 96              float                  X96; */    0.0,
    /* 97              float  VAC;                      */    0.0,
    /* 98              float  VBC;                      */    0.0,
    /* 99              float  VCC;                      */    0.0,
    /* 100             float  IMVA;                     */    0.0,
    /* 101             float  IMVB;                     */    0.0,
    /* 102             float  IMVC;                     */    0.0,
    /* 103             float  prot_dcmax;               */    550.0,
    /* 104             float  prot_dcmin;               */    500.0,
    /* 105             float  prot_dc;                  */    490.0,
    /* 106   unsigned int                     X106;*/    0,
    /* 107   unsigned int                     X107;*/    0,
    /* 108   unsigned int                     X108;*/    0,
    /* 109   unsigned int                     X109;*/    0,
    /* 110   unsigned int     TRIG_OSCIL;       */    0,
    /* 111   unsigned int     CALVIT;           */    0,
    /* 112   unsigned int     CntEnerg;         */    0,
    /* 113   unsigned int     TETA_INI;         */    0,
    /* 114   float            SomEnerP;         */    0.0,
    /* 115   float            SomEnerN;         */    0.0,
    /* 116   float            DTET              */    0.0,   /* INITENC
    */
```

```
        /* 117  float          teta_SOM;              */    0.0,   /* initenc
        */
        /* 118  float          tsom;                  */    0.0,   /* initenc
        */
    5   /* 119  unsigned int    DTETAVI;               */    0,
        /* 120  unsigned int    COMPT_OSC;             */    0,
        /* 121  float           SOM_OFSIA;             */    0,
        /* 122  float           SOM_OFSIB;             */    0,
        /* 123  float           SOM_OFSIC;             */    0,
   10   /* 124  unsigned int    CAL_OFS;               */    1001,
        /* 125          float   1/Vdc;                 */    0,
        /* 126          float   IntW;                  */    0.0, /* motf.c */
        /* 127          float                       X127;*/    0.0,
        /* 128          float   ERAD1;                 */    0.0,
   15   /* 129          float   ERBD1;                 */    0.0,
        /* 130          float   ERCD1;                 */    0.0,
        /* 131          float   ERAED1;                */    0.0,
        /* 132          float   ERBED1;                */    0.0,
        /* 133          float   ERCED1;                */    0.0,
   20   /* 134          float   OFS_IA;                */    0.0,
        /* 135          float   OFS_IB;                */    0.0,
        /* 136          float   OFS_IC;                */    0.0,
        /* 137          float   ERAEI1;                */    0.0,
        /* 138          float   ERBEI1;                */    0.0,
   25   /* 139          float   ERCEI1;                */    0.0
            };

            0.0000,
            0.0246,
       30   0.0493,
            0.0739,
            0.0984,
            0.1229,
            0.1473,
       35   0.1716,
            0.1958,
```

0.2199,
0.2439,
0.2677,
0.2914,
0.3149,
0.3382,
0.3612,
0.3841,
0.4067,
0.4291,
0.4512,
0.4731,
0.4947,
0.5159,
0.5369,
0.5575,
0.5778,
0.5977,
0.6173,
0.6365,
0.6553,
0.6737,
0.6917,
0.7093,
0.7264,
0.7431,
0.7594,
0.7752,
0.7905,
0.8054,
0.8197,
0.8336,
0.8470,
0.8598,
0.8721,
0.8839,

0.8952,
0.9059,
0.9160,
0.9256,
0.9347,
0.9432,
0.9511,
0.9584,
0.9651,
0.9713,
0.9768,
0.9818,
0.9862,
0.9900,
0.9932,
0.9957,
0.9977,
0.9991,
0.9998,
1.0000,
0.9995,
0.9985,
0.9968,
0.9945,
0.9916,
0.9882,
0.9841,
0.9794,
0.9741,
0.9683,
0.9618,
0.9548,
0.9472,
0.9390,
0.9302,
0.9209,

0.9110,
0.9006,
0.8896,
0.8781,
0.8660,
0.8534,
0.8403,
0.8267,
0.8126,
0.7980,
0.7829,
0.7674,
0.7513,
0.7348,
0.7179,
0.7005,
0.6827,
0.6645,
0.6459,
0.6269,
0.6075,
0.5878,
0.5677,
0.5472,
0.5264,
0.5053,
0.4839,
0.4622,
0.4402,
0.4180,
0.3955,
0.3727,
0.3497,
0.3265,
0.3032,
0.2796,

0.2558,
0.2319,
0.2079,
0.1837,
0.1595,
0.1351,
0.1107,
0.0861,
0.0616,
0.0370,
0.0123,
-0.0123,
-0.0370,
-0.0616,
-0.0861,
-0.1107,
-0.1351,
-0.1595,
-0.1837,
-0.2079,
-0.2319,
-0.2558,
-0.2796,
-0.3032,
-0.3265,
-0.3497,
-0.3727,
-0.3955,
-0.4180,
-0.4402,
-0.4622,
-0.4839,
-0.5053,
-0.5264,
-0.5472,
-0.5677,

-0.5878,
-0.6075,
-0.6269,
-0.6459,
-0.6645,
-0.6827,
-0.7005,
-0.7179,
-0.7348,
-0.7513,
-0.7674,
-0.7829,
-0.7980,
-0.8126,
-0.8267,
-0.8403,
-0.8534,
-0.8660,
-0.8781,
-0.8896,
-0.9006,
-0.9110,
-0.9209,
-0.9302,
-0.9390,
-0.9472,
-0.9548,
-0.9618,
-0.9683,
-0.9741,
-0.9794,
-0.9841,
-0.9882,
-0.9916,
-0.9945,
-0.9968,

-0.9985,
-0.9995,
-1.0000,
-0.9998,
-0.9991,
-0.9977,
-0.9957,
-0.9932,
-0.9900,
-0.9862,
-0.9818,
-0.9768,
-0.9713,
-0.9651,
-0.9584,
-0.9511,
-0.9432,
-0.9347,
-0.9256,
-0.9160,
-0.9059,
-0.8952,
-0.8839,
-0.8721,
-0.8598,
-0.8470,
-0.8336,
-0.8197,
-0.8054,
-0.7905,
-0.7752,
-0.7594,
-0.7431,
-0.7264,
-0.7093,
-0.6917,

```
        -0.6737,
        -0.6553,
        -0.6365,
        -0.6173,
        -0.5977,
        -0.5778,
        -0.5575,
        -0.5369,
        -0.5159,
        -0.4947,
        -0.4731,
        -0.4512,
        -0.4291,
        -0.4067,
        -0.3841,
        -0.3612,
        -0.3382,
        -0.3149,
        -0.2914,
        -0.2677,
        -0.2439,
        -0.2199,
        -0.1958,
        -0.1716,
        -0.1473,
        -0.1229,
        -0.0984,
        -0.0739,
        -0.0493,
        -0.0246,
        -0.0246,
    /******  TRANSFERT.VECTEUR C30 AU FONCTION VEHICULE ******/
    /* prepare transfert vecteur vers fonction vehicule */
    asm("        LDI  @_VECT+58  ,AR7 ");
        /* store ad. DRAM -> AR7  */
    asm("        LDI 0h          ,BK ");
```

```
    asm("        STI BK       ,*+AR2(0)");
    asm("        ADDI 64           ,AR7 ");
         /* set adr.DESTDMA=200042 */
    asm("        STI AR7      ,*+AR2(6)");
         /* store DESTDMA -> AR2(6)*/
    asm("        LDI AR4           ,AR7 ");
    asm("        ADDI 64           ,AR7 ");
        /*set adr.SRCDMA=@VECT+40h*/
    asm("        STI AR7      ,*+AR2(4)");
         /* store SRCDMA  -> AR2(4)*/
    asm("        LDI 40            ,R7  ");
    asm("        STI R7       ,*+AR2(8)");
         /* store n=40 dans  AR2(8)*/
    asm("        LDI 0C53h         ,R7  ");

    /* verifi si j'ai le droit d'ecrire */
    asm("        LDI  @_VECT+58   ,AR7 ");
         /* store ad. DRAM -> AR7  */
    asm("        LDI  0fh          ,R1 ");
    asm("        CMPI *-AR7(2)     ,R1 ");
         /* 0fh - mem(20 0000)     */
    asm("        BN DMAOUT           ");

    /* lance le transfert si < 10 */
    asm("        STI R7       ,*+AR2(0)");
         /* store config.DMA AR2(0)*/

    /* watch dog laisse une trace */
    asm("        LDI 3h            ,R7     ");
    asm("        STI R7       ,*-AR7(2) ");

    /******    ACQUISITION DE LA POSITION          ****/

    asm("DMAOUT  LDI   *+AR1(0)   ,R1  ");
         /* acquis. de POSI.(FPGA) */
    asm("        LDI   R1          ,IR0 ");
```

```
        /* store dans IR0          */

    /*asm("        ADDI  @_VECT+5    ,IR0 ");*/
    asm("        ADDI  172         ,IR0 ");
    asm("        AND   0FFh        ,IR0 ");
        /* normal. a 8 bits       */

    /*(INIT. ENCODEUR) SI VOIE INDEX, RESET Teta_comp. ET BIT_MR(2)=1*/
    asm("        LDF   @_VECT+118 ,R2 ");
        /* TSOM     -> R2          */
    asm("        LDF   @_VECT+117 ,R3 ");
        /* TETA_SOM -> R3          */
    asm("        LDF   R3         ,R6 ");
    asm("        LDI   0          ,R4 ");
        /* ST_MR                  */

    /***** TEST SI INDEX *****/
    asm("        LSH  -27         ,R1 ");

    /***** OUI INDEX *****/
    asm("        LDFC  0          ,R2 ");
        /* 0 -> TSOM              */
    asm("        LDFC  0          ,R3 ");
        /* 0 -> TETA_SOM          */
    asm("        LDIC  4          ,R4 ");
        /* BIT_MR(2) = 1          */

    /***** TEST SI INITIALISATION *****/
    asm("        LDI   @_VECT+0   ,R1 ");
        /* NAND 64 -> R1          */
    asm("        ANDN  @_VECT+64  ,R1 ");
        /* 0 AND 64 -> R1         */
    asm("        LSH   -3         ,R1 ");
        /* SI INIT BRANCHE INITEN */
    asm("        BC    INITEN       ");
```

```
    /***** NON INITIALISATION *****/
    asm("        LDF   0          ,R2 ");
         /* 0 -> TSOM                */
    asm("        BR    NOINIT1     ");
         /* BRANCHE NOINIT1          */

    /***** OUI INITIALISATION *****/
    asm("INITEN  LDI   @_VECT+113 ,R5 ");
         /* TETA_INIT -> R5          */
    asm("        CMPF  0          ,R2 ");
         /* TSOM - 0                 */

    /***** SI DEPART INITIALISATION *****/
    asm("        LDIEQ IR0        ,R5 ");
         /*SITSOM=0,IR0->TETA_INIT */
    asm("        LDFEQ 0          ,R3 ");
         /* 0 -> TETA_SOM            */


    /***** INTEGRAL TETA ET COUPLE *****/
    asm("        SUBI3 R5,IR0     ,R7 ");
         /* TETA-TETA_INIT -> R7    */
        /* COMPENSE DELTA TETA */
    asm("        LDI   0          ,R6  ");
    asm("        CMPI  7Fh        ,R7  ");
    asm("        LDIP -100h       ,R6  ");
    asm("        CMPI -7Fh        ,R7  ");
    asm("        LDIN  100h       ,R6  ");
    asm("        ADDI  R6         ,R7  ");
         /* delta teta -> R7        */

    /* SI DELTA_TETA >10, TETA_INIT = IR0 */
    asm("        ABSI  R7         ,R6  ");
         /* ABSOLU(delta teta) -> R6*/
    asm("        CMPI  10         ,R6  ");
         /* R6 - 10                  */
```

```
asm("        LDIP  IR0        ,R5  ");
     /*SI POSITIF, TETA_INIT=IR0*/
asm("        LDIP  0          ,R7  ");
     /*SI POSITIF, DELTA_TETA=0 */

asm("        LDFP  10         ,R2  ");
asm("        FLOAT R7         ,R7  ");
     /* FLOAT (TETA-TETA_INIT)  */
asm("        LDF   R7         ,R6 ");
asm("        STF   R7  ,@_VECT+116");
asm("        MPYF  @_VECT+6   ,R7 ");
     /* KTETA*(TETA-TETA_INIT)  */
asm("        ADDF  R7         ,R3 ");
/*TETA_SOM+KTETA*(TETA-TETA_INIT)*/
asm("        MPYF  @_VECT+13  ,R6 ");
     /* KTETA*(TETA-TETA_INIT)  */
asm("        ADDF  R3         ,R6 ");
     /* TSOM+TINC -> R2         */
asm("        ADDF  @_VECT+7   ,R2 ");
     /* TSOM+TINC -> R2         */

/**** TEST SI TERMINE *****/
asm("        CMPF  @_VECT+8   ,R2 ");
     /* TSOM - TPRED            */
asm("        BN    NOINIT1       ");

/**** OUI TERMINE *****/
asm("        LDI   4          ,R4 ");
     /* BIT_MR(2) = 1           */
asm("        LDF   0          ,R2 ");
     /* 0 -> TSOM               */
asm("        ADDF  64         ,R6 ");
     /* ADDIT 90 DEGRE          */
asm("        LDF   R6         ,R3 ");

/***** FIN *****/
```

```
        asm("NOINIT1 STF    R3 ,@_VECT+117 ");
        asm("        STF    R2 ,@_VECT+118 ");
        asm("        OR     @_VECT+64  ,R4 ");
              /* BIT_MR(2) = 1             */
        asm("        STI    R4  ,@_VECT+64 ");
              /* BIT_MR(2) = 1             */
        asm("        FIX    R6         ,R6 ");
        asm("        ADDI   R6        ,IR0 ");
        asm("        STI    R5  ,@_VECT+113");

/***** (FIN PARTIE 1 DE INIT. ENCODEUR) *****/

        asm("        AND    0FFh      ,IR0 ");
              /* normal. a 8 bits       */
        asm("        STI    IR0  ,@_VECT+87");
              /* store TETA             */

        asm("        FLOAT IR0        ,R7 ");
        asm("        STF    R7   ,@_VECT+79");

        asm("        LDI  @_VECT+58  ,AR7 ");
             /* store ad. DRAM -> AR7  */
        asm("        LDI  *-AR7(2)    ,R7 ");
        asm("        CMPI 11h         ,R7 ");
        asm("        BNE  DTETA           ");
        asm("        CMPI 0h          ,BK ");
        asm("        LDIEQ 1h         ,BK ");
        asm("        LDIEQ 0h         ,RS ");

asm("DTETA   LDI   0h         ,R0  "); /* CALCUL dteta */
        asm("        SUBI3 RE,IR0     ,RC  ");
        asm("        LDI   IR0        ,RE  ");
        asm("        CMPI  7Fh        ,RC  ");
        asm("        LDIP -100h       ,R0  ");
        asm("        CMPI -7Fh        ,RC  ");
        asm("        LDIN  100h       ,R0  ");
```

```
    asm("          ADDI  RO          ,RC  ");
    asm("          ADDI  RC          ,RS  ");

    asm("NDTETA    CMPI 2h           ,R7 ");
    asm("          BEQ  LECT              ");
    asm("          FLOAT RS          ,R7 ");
    asm("          MPYF  @_VECT+24   ,R7 ");
    asm("          STF  R7    ,@_VECT+65 ");
    /******     CALCUL DE LA VITESSE ET ACCEL. **************/
    /* SOMME DELTATETA */
    asm("LECT      LDI  @_VECT+119   ,R1 ");
          /* DTETA -> R1                 */
    asm("          ADDI RC           ,R1 ");
          /* DTETA1+DTETA0 -> DTETA1 */
    asm("          STI  R1   ,@_VECT+119 ");

      /* INCREMENTE N, SI < 10 msec */
    asm("          LDI  @_VECT+111   ,R7 ");
    asm("          ADDI 1            ,R7 ");
    asm("          STI  R7   ,@_VECT+111 ");
    asm("          CMPI 200          ,R7 ");
    asm("          BN   FINVIT            ");
    asm("          LDI   0           ,R7 ");
    asm("          STI   R7 ,@_VECT+111 ");
    asm("          STI   R7 ,@_VECT+119 ");

    /* calcul distance */
    asm("          FLOAT R1          ,R1 ");
          /* float DTETA1                */
    asm("          MPYF  @_VECT+24   ,R1 ");
          /* normal. dist. (rad/sec) */

    /* calcul (1/temps) */
    asm("          LDF   @_VECT+25   ,R2 ");

    /* calcul V */
```

```
        asm("          MPYF  R2          ,R1 ");
              /* W1 = dist * 1/temps      */

        /* calcul Acc.      */
        asm("          LDF   @_VECT+66   ,R6 ");
              /* W0 -> R6                 */
        asm("          SUBF3 R6,R1       ,R6 ");
              /* W1 - W0 -> (R6)          */
        asm("          MPYF  R2          ,R6 ");
              /* (W1-W0)*1/temps -> (R6) */

        /* save vit.& acc. */
        asm("          STF   R1  ,@_VECT+66 ");
              /* store R1 -> vitesse    */
        asm("          STF   R6  ,@_VECT+67 ");
              /* store R6 -> accelerat. */

        asm("FINVIT    LDI   @_VECT+0    ,R7 ");
        asm("          LSH   -1          ,R7 ");
        asm("          BNC   AS_STD        ");
        asm("          LDF   @_VECT+4    ,R1 ");

        /********** ASSERVISSEMENT DE LA VITESSE *****************/
        asm("          LDF   @_VECT+66   ,R6 ");
        asm("          SUBF  R6          ,R1 ");
              /* (Wcons-Wmec) -> R1       */

        /* PROPORTIONNEL */
        asm("          LDF   @_VECT+11   ,R2 ");
              /* KP -> R2                 */
        asm("          MPYF  R1          ,R2 ");
              /* KP(Wcons-Wext) -> R3     */

        /* INTEGRE */
        asm("          LDF  @_VECT+10   ,R3  ");
              /* ki -> R2                 */
```

```
asm("          MPYF R1          ,R3  ");
      /* ki(Wcons-Wext) -> R2      */
asm("          ADDF @_VECT+126 ,R3  ");
      /* ki(Wcons-Wext)+SOMME->R2 */

5
    /* BORNE INTEGRAL */
    asm("          LDF  @_VECT+53  ,R4  ");
          /* +BORNE_I DANS R4          */
    asm("          NEGF R4          ,R5  ");
10        /* -BORNE_I DANS R4          */
    asm("          CMPF R5          ,R3  ");
    asm("          LDFN R5          ,R3  ");
    asm("          CMPF R4          ,R3  ");
    asm("          LDFP R4          ,R3  ");
15  asm("          STF  R3  ,@_VECT+126 ");
          /* store (int)               */

    /* SOMME INTEGRAL + PROPORTIONNEL */
    asm("          ADDF  R3         ,R2  ");
20  asm("          STF   R2  ,@_VECT+69 ");
    asm("          LDF   R2         ,R4  ");
    asm("          BR    AS_VIT         ");

    /************          CALCUL DE AMPL      ************************/
25  asm("AS_STD  LDF   @_VECT+1   ,R4  ");
          /* load Tcons -> R4          */
    asm("AS_VIT  ADDF  @_VECT+83  ,R4  ");
          /* R4 + Text -> R4           */
    asm("          ADDF  @_VECT+118 ,R4  ");
30        /* R4 + Text -> R4           */
    asm("          MPYF  @_VECT+29  ,R4  ");
          /* R4 x 1/PSI -> R4          */

    /* PROTECTION DE SURTENSION AVEC HYSTERESIS (103) (104) */
35  asm("          LDF   @_VECT+72 ,R7  ");
          /* load Vdc -> R7            */
```

```
        asm("          CMPF  @_VECT+105,R7  ");
              /* Vdc - PROT_DC            */
        asm("          LDFP  0          ,R4  ");
              /* SI POSITIF 0 -> R4       */
        asm("          LDFP  @_VECT+104,R0  ");
              /* SI POS. PROT_DCMIN->R0 */
        asm("          LDFN  @_VECT+103,R0  ");
              /* SI NEG. PROT_DCMAX->R0 */
        asm("          STF   R0  ,@_VECT+105");
              /* R0 -> PROT_DC            */

        /* LIMITE LE COURANT A Imax */
        asm("          LDF   @_VECT+17  ,R0  ");
              /* LOAD Imax -> R0          */
        asm("          NEGF  R0         ,R7  ");
              /* LOAD -Imax -> R7         */
        asm("          CMPF  R7         ,R4  ");
              /* R4 - R7                  */
        asm("          LDFN  R7         ,R4  ");
              /* IF R4<R7 => R7->R4       */
        asm("          CMPF  R0         ,R4  ");
              /* R4 - R0                  */
        asm("          LDFP  R0         ,R4  ");
              /* IF R4>R0 => R0-> R7      */

        /******    CALCUL DE Iac Ibc ET Icc ************************/

        asm("          LDI   @_VECT+63 ,R0  ");
              /* set position de carte  */
        asm("          STI   R0    ,*+AR0(2)");
              /* store -> PAGEADDR.     */

        asm("          LDF   R4        ,R7  ");
        asm("          MPYF  @_VECT+18 ,R7  ");
              /* Cphase * AMPL -> R7      */
        asm("          FIX   R7        ,R7  ");
```

```
        /* INT(R7) -> R7                */
    asm("         ADDI  R7          ,IR0 ");
        /* TETA + COMP. PHASE           */
    asm("         AND   0FFh        ,IR0 ");

    asm("         MPYF3 R4,*+AR3(IR0),R1");
        /* AMPL x sin(IR0) -> R1  */
    asm("         STF   R1    ,@_VECT+91 ");
        /* store IAC                    */

    asm("         LDI   170         ,R7  ");
        /* MODIF 26/10/94 */
    asm("         CMPI  85          ,IR0 ");
    asm("         LDIP  171         ,R7  ");
    asm("         ADDI  R7          ,IR0 ");
        /*PHA + TETA +4*pi/3 ->IR0*/

    asm("         AND   0FFh        ,IR0 ");
        /* tronquer sur 8 bits    */
    asm("         MPYF3 R4,*+AR3(IR0),R3");
        /* AMPL x sin(IR0) -> R3  */
    asm("         STF   R3    ,@_VECT+93");
        /* store ICC                    */

    asm("         ADDF3 R1,R3       ,R2  ");
        /* IAC + IBC -> R2              */
    asm("         NEGF R2           ,R2  ");
        /* -1 * (IAC + IBC) -> R2 */
    asm("         STF   R2    ,@_VECT+92");
        /* store IBC                    */
    /******    ACQUISITION DE Iabc ET NORMALISATION  **/

    asm("         LDI   *+AR1(3)    ,R4 ");
    asm("         ASH   -20         ,R4 ");
        /* normal. a 12 bits signe*/
    asm("         FLOAT R4          ,R4 ");
```

```
        /* convertie float          */
    asm("       LDF   @_VECT+23  ,R7 ");
        /* NO_Iabce -> R7           */
    asm("       MPYF  R7         ,R4 ");
        /* normalise valeur de Ia */
    asm("       ADDF  @_VECT+134 ,R4 ");
        /* additionne OFS_IA        */
    asm("       STF   R4   ,@_VECT+84");
        /* store IA                 */

    asm("       LDI   *+AR1(3)   ,R5 ");
    asm("       ASH   -20        ,R5 ");
        /* normal. a 12 bits signe*/
    asm("       FLOAT R5         ,R5 ");
        /* convertie float          */
    asm("       MPYF  R7         ,R5 ");
        /* normalise valeur de Ib */
    asm("       ADDF  @_VECT+135 ,R5 ");
        /* additionne OFS_IB        */
    asm("       STF   R5   ,@_VECT+85");
        /* store IB                 */

    asm("       LDI   *+AR1(3)   ,R6 ");
    asm("       ASH   -20        ,R6 ");
        /* normal. a 12 bits signe*/
    asm("       FLOAT R6         ,R6 ");
        /*convertie float           */
    asm("       MPYF  R7         ,R6 ");
        /*normalise valeur de Ic */
    asm("       ADDF  @_VECT+136 ,R6 ");
        /* additionne OFS_IC        */
    asm("       STF   R6   ,@_VECT+86");
        /*store IC                  */

/******        INITIALISATION CALCUL OFFSET      **********/
    asm("       LDI   @_VECT+124 ,R0 ");
```

```
        /* INCREMENT DE SOMME    */
    asm("        CMPI  1000       ,R0 ");
        /* INCREMENT - 1000      */
    asm("        BLE   INITSEN       ");
        /* SI <= 1000 (INITSEN)  */

    /* VERIFIE S'IL Y A EU DEMANDE DE CALIBRATION DE SENSEUR */
    asm("        LDI   @_VECT+0   ,R7 ");
    asm("        LSH   -2         ,R7 ");
      /* COMPARE AVEC BIT1     */
    asm("        BNC   OFSEND        ");
      /* PAS INIT. -> OFSEND   */
    asm("        LDI   0          ,R0 ");
    asm("        STI   R0 ,@_VECT+124 ");
    asm("        LDF   0          ,R0 ");
    asm("        STF   R0 ,@_VECT+121 ");
      /* RESET SOM_OFSIA       */
    asm("        STF   R0 ,@_VECT+122 ");
      /* RESET SOM_OFSIB       */
    asm("        STF   R0 ,@_VECT+123 ");
      /* RESET SOM_OFSIC       */
    asm("        STF   R0 ,@_VECT+134 ");
      /* RESET OFS_IA          */
    asm("        STF   R0 ,@_VECT+135 ");
      /* RESET OFS_IB          */
    asm("        STF   R0 ,@_VECT+136 ");
      /* RESET OFS_IC          */
    asm("        BR    OFSEND        ");

/* FAIRE UNE SOMME SUR 1000 UNITES DE Ia,Ib,Ic *****/
    asm("INITSEN LDI   121        ,IR1");
    asm("        ADDF3 *+AR4(IR1),R4,R7");
      /*IA(0) = IA(-1) + IA(0) */
    asm("        STF   R7 ,*+AR4(IR1) ");
    asm("        ADDI  1          ,IR1");
    asm("        ADDF3 *+AR4(IR1),R5,R7");
```

```
        /*IB(0) = IB(-1) + IB(0) */
    asm("       STF   R7 ,*+AR4(IR1) ");
    asm("       ADDI  1          ,IR1");
    asm("       ADDF3 *+AR4(IR1),R6,R7");
    /*IC(0) = IC(-1) + IC(0) */
    asm("       STF   R7 ,*+AR4(IR1) ");
    asm("       CMPI  1000       ,R0 ");
    /* somme sur 1000 unite  */
    asm("       BNED  OFSEND         ");
    asm("       ADDI  1          ,R0  ");
    asm("       STI   R0 ,@_VECT+124 ");
    asm("       LDF   @_VECT+15  ,R0 ");

    /* NORMALISE LORSQUE 1000 ADDITION EST ATTEIND *****/
    asm("       MPYF3 *+AR4(IR1),R0,R7");
        /*  IC = SIC *-0.001   */
    asm("       STF   R7 ,@_VECT+136 ");
    asm("       SUBI  1          ,IR1");
    asm("       MPYF3 *+AR4(IR1),R0,R7");
        /*  IB = SIB *-0.001   */
    asm("       STF   R7 ,@_VECT+135 ");
    asm("       SUBI  1          ,IR1");
    asm("       MPYF3 *+AR4(IR1),R0,R7");
        /*  IA = SIA *-0.001   */
    asm("       STF   R7 ,@_VECT+134 ");

    /* SET BIT 1 POUR CONFIRMER LA NORMALISATION TERMINEE *****/
    asm("       LDI  2           ,R7 ");
    asm("       OR   @_VECT+64   ,R7 ");
    asm("       STI  R7    ,@_VECT+64");
    /*********    ORGANE DE REGULATION          **********/

    /***** calcul d'erreur sur la consigne *****/
    asm("OFSEND  SUBF3 R4,R1     ,R1  ");
        /* IAC - IA -> ERA       */
    asm("       SUBF3 R5,R2      ,R2  ");
```

```
        /* IBC - IB -> ERB          */
asm("         SUBF3 R6,R3      ,R3  ");
        /* ICC - IC -> ERC          */

/***** calcul du proportionnel              *****/
asm("         LDF @_VECT+12    ,R7  ");
      /* load Kp dans R7           */
asm("         MPYF3 R1,R7      ,R4  ");
      /* Kp * (IAC - IA) -> R4  */
asm("         MPYF3 R2,R7      ,R5  ");
      /* Kp * (IBC - IB) -> R5  */
asm("         MPYF3 R3,R7      ,R6  ");
      /* Kp * (ICC - IC) -> R6  */

/***** calcul de l'integral *****/

asm("         LDF   @_VECT+16 ,R7  ");
      /* load KI1 dans R7          */
asm("         MPYF  R7         ,R1  ");
      /* KI1*ERA -> R1             */
asm("         ADDF  @_VECT+137,R1  ");
      /* R7 + ERAEI1->R1           */
asm("         MPYF  R7         ,R2  ");
      /* KI1*ERB -> R2             */
asm("         ADDF  @_VECT+138,R2  ");
      /* R7 + ERBEI1->R2           */
asm("         MPYF  R7         ,R3  ");
      /* KI1*ERC -> R3             */
asm("         ADDF  @_VECT+139,R3  ");
      /* R7 + ERCEI1->R3           */

/***** borne l'integral *****/
asm("         LDF   @_VECT+22 ,R0  ");
asm("         NEGF  R0         ,R7  ");

asm("         CMPF  R7         ,R1  ");
```

```
    asm("        LDFN  R7        ,R1  ");
         /* si negatif -XVdc ->VAC */
    asm("        CMPF  R0        ,R1  ");
         /* SOMA - (XVdc)          */
    asm("        LDFP  R0        ,R1  ");
         /* si negatif  XVdc ->VAC */
    asm("        CMPF  R7        ,R2  ");
         /* SOMB - (-XVdc)         */
    asm("        LDFN  R7        ,R2  ");
         /* si negatif -XVdc ->VBC */
    asm("        CMPF  R0        ,R2  ");
         /* SOMB - (XVdc)          */
    asm("        LDFP  R0        ,R2  ");
         /* si negatif  XVdc ->VBC */
    asm("        CMPF  R7        ,R3  ");
         /* SOMC - (-XVdc)         */
    asm("        LDFN  R7        ,R3  ");
         /* si negatif -XVdc ->VCC */
    asm("        CMPF  R0        ,R3  ");
         /* SOMC - (XVdc)          */
    asm("        LDFP  R0        ,R3  ");
         /* si negatif  XVdc ->VCC */

    /* faire la somme des trois integral et divise par 3 *****/
    asm("        ADDF3 R1,R2     ,R7  ");
    asm("        ADDF  R3        ,R7  ");
    asm("        MPYF  @_VECT+57 ,R7  ");
    asm("                  SUBF     R7                    ,R1     ");
    /*Int.a-(Int.a+Int.b+Int.c)/3->R1*/
    asm("        STF   R1  ,@_VECT+137");
         /* store ERAEI -> ERAEI1  */
    asm("        ADDF  R1        ,R4  ");
         /* prop.+derive+integr->R4*/
    asm("                       SUBF     R7                 ,R2     ");
    /*Int.b-(Int.a+Int.b+Int.c)/3->R2*/
    asm("        STF   R2  ,@_VECT+138");
```

```
        /* store ERBEI -> ERBEI1  */
    asm("        ADDF  R2        ,R5  ");
        /* prop.+derive+integr->R5*/
    asm("                        SUBF     R7                    ,R3      ");
  /*Int.c-(Int.a+Int.b+Int.c)/3->R3*/
    asm("        STF   R3  ,@_VECT+139");
        /* store ERCEI -> ERCEI1  */
    asm("        ADDF  R3        ,R6  ");
        /* prop.+derive+integr->R6*/

    /* calcul de la tension FEM selonWmec*sin(TETA+AV_PHASE*Wmec)*/
    /***** phase B *****/
    asm("        LDF   @_VECT+28 ,R0  ");
        /* load AV_PHASE -> R0    */
    asm("        MPYF  @_VECT+66 ,R0  ");
        /* AV_PHASE x Wmec -> R0  */
    asm("        FIX   R0        ,R0  ");
        /* conver. signed int R0  */
    asm("        ADDI  256       ,R0  ");
        /* conver. int 8 bits R0  */
    asm("                        ADDI     R0                    ,IR0   ");
    /*AV_PHASE*Wmec+TETA*4*pi/3->IR0*/
    asm("        AND   0FFh      ,IR0 ");
        /* tronquer sur 8 bits    */
    asm("        LDF   @_VECT+66 ,R2  ");
        /* load Wmec dans R2      */
    asm("        MPYF3 R2,*+AR3(IR0),R3");
        /* Wmec x sin(IR0) -> R3  */
    asm("        MPYF  @_VECT+27 ,R3  ");
        /* R3 x PSI -> R3         */
    asm("        STF   R3  ,@_VECT+89 ");
        /* store EB */
    asm("        ADDF  R3        ,R5  ");
        /* prop.+der.+inte.+EB->R5*/

    asm("        LDI   85        ,R0  ");
```

```
        /* PATCH ENCODEUR 26/10/94*/
    asm("        CMPI  170        ,IR0 ");
    asm("        LDIP  86         ,R0  ");
    asm("        ADDI  R0         ,IR0 ");
/* AV_PHASE*Wmec+TETA->IR0*/

    asm("        AND   0FFh       ,IR0 ");
        /* tronquer sur 8 bits    */
    asm("        MPYF3 R2,*+AR3(IR0),R7");
        /* W x sin(IR0) -> R7     */
    asm("        MPYF  @_VECT+27 ,R7  ");
        /* R7 x PSI -> R7         */
    asm("        STF   R7  ,@_VECT+90 ");
        /* store EC */
asm("        ADDF  R7         ,R6  ");
        /* prop.+der.+inte.+EC->R6*/

    asm("        ADDF  R3         ,R7  ");
        /* EB + EC -> R7          */
asm("        NEGF  R7         ,R7  ");
        /* -1 * (EB + EC) -> R7   */
    asm("        STF   R7  ,@_VECT+88 ");
        /* store EA */
    asm("        ADDF  R7         ,R4  ");
        /* prop.+der.+inte.+EA->R4*/

    /******    ACQUISITION DE Vdc ET NORMALISATION  ***********/

    asm("        LDI  *+AR1(3)   ,R0  ");
asm("        ASH  -20        ,R0  ");
        /* normal. a 12 bits signe*/
    asm("        ABSI R0         ,R0  ");
        /* valeur absolue de VDC  */
    asm("        CMPI 102        ,R0  ");
        /* Vdc - 5%xVdc           */
    asm("        LDIN 102        ,R0  ");
```

```
        /* si < 5% de Vdc->5%xVdc */
    asm("        FLOAT R0          ,R0  ");
        /* convertie float          */
    asm("        MPYF @_VECT+26    ,R0  ");
        /* normalise valeur de Vdc*/
    asm("        STF   R0    ,@_VECT+72");
        /* store Vdc                */

    /* DIVISION  (1/Vdc) */
    asm("        PUSHF             R0  ");
        /* pushf VDC (float)        */
    asm("        POP               R3  ");
        /* pop   VDC (integer)->R7*/
    asm("        ASH   -24         ,R3  ");
        /* chercher exposant -> R7*/
    asm("        NEGI              R3  ");
        /* exposant = -exposant     */
    asm("        SUBI  1           ,R3  ");
        /* exposant = exposant - 1*/
    asm("        ASH   24          ,R3  ");
        /* retourne exposant -> R7*/
    asm("        PUSH              R3  ");
        /* pushf VDC (float)        */
    asm("        POPF              R3  ");
        /* pop   VDC (integer)->R7*/
    /* 1 ITERATION */
    asm("        MPYF3      R3,R0,R2  ");
        /* R2 = VDC * X[0]          */
    asm("        SUBRF 2.0         ,R2  ");
        /* R2 = 2.0 -VDC * X[0]     */
    asm("        MPYF  R2          ,R3  ");
        /* R3 = X[0]·* R2           */
    /* 2 ITERATION */
    asm("        MPYF3      R3,R0,R2  ");
        /* R2 = VDC * X[0]          */
    asm("        SUBRF 2.0         ,R2  ");
```

```
        /* R2 = 2.0 -VDC * X[1]   */
    asm("        MPYF  R2        ,R3  ");
        /* R3 = X[1] * R2         */
    /* 3 ITERATION */
    asm("        MPYF3     R3,R0,R2  ");
        /* R2 = VDC * X[0]        */
    asm("        SUBRF 2.0       ,R2  ");
        /* R2 = 2.0 -VDC * X[2]   */
    asm("        MPYF  R2        ,R3  ");
        /* R3 = X[2] * R2         */
    /* 4 ITERATION */
    asm("        MPYF3     R3,R0,R2  ");
        /* R2 = VDC * X[0]        */
    asm("        SUBRF 2.0       ,R2  ");
        /* R2 = 2.0 -VDC * X[3]   */
    asm("        MPYF  R2        ,R3  ");
        /* R3 = X[3] * R2         */
    /* 5 ITERATION */
    asm("        RND             R3  ");
        /* MINIMISER L'ERREUR     */
    asm("        MPYF3     R3,R0,R2  ");
        /* R2 = VDC * X[4]        */
    asm("        SUBRF 1.0       ,R2  ");
        /* R2 = 1.0 -VDC * X[4]   */
    asm("        MPYF  R3        ,R2  ");
        /* R2 = X[4] * R2         */
    asm("        ADDF  R2        ,R3  ");
        /* R3 = X[4] + R2         */
    asm("        RND   R3        ,R3  ");
        /* R3 = X[4] + R2         */
    asm("        STF   R3  ,@_VECT+125");
        /* store 1/VDC            */

    /*    ACQUISITION DE COUPLE ET NORMALISATION  ***********/

    asm("        LDI   *+AR1(3)   ,R2 ");
```

```
    asm("       ASH   -20        ,R2 ");
    asm("       FLOAT R2         ,R2 ");
    asm("       MPYF  @_VECT+30  ,R2 ");
    asm("       STF   R2   ,@_VECT+83");
    asm("       LDI   *+AR1(3)   ,R2 "); /* 9/11/94 */
    asm("       ASH   -20        ,R2 ");
    asm("       FLOAT R2         ,R2 ");
    asm("       MPYF  @_VECT+30  ,R2 ");
    asm("       STF   R2   ,@_VECT+80");

    asm("       LDI   *+AR1(3)   ,R2 "); /* 9/11/94 */
    asm("       ASH   -20        ,R2 ");
    asm("       FLOAT R2         ,R2 ");
    asm("       MPYF  @_VECT+30  ,R2 ");
    asm("       STF   R2   ,@_VECT+81");

    /**********    CALCUL DE VAC      ********************/

    asm("       MPYF  @_VECT+19 ,R0  ");
        /* XVdc x Vdc -> R0        */
    asm("       NEGF  R0        ,R1  ");
        /* -XVdc x Vdc -> R1       */

    /***** BORNE VAC *****/
    asm("       CMPF  R1        ,R4  ");
        /* SOMA - (-XVdc)          */
    asm("       LDFN  R1        ,R4  ");
        /* si negatif -XVdc ->VAC */
    asm("       CMPF  R0        ,R4  ");
        /* SOMA - (XVdc)           */
    asm("       LDFP  R0        ,R4  ");
        /* si negatif  XVdc ->VAC */
    asm("       STF   R4  ,@_VECT+97 ");
        /* store VAC               */

    /***** BORNE VBC *****/
```

```
        asm("        CMPF  R1        ,R5  ");
              /* SOMB - (-XVdc)         */
        asm("        LDFN  R1        ,R5  ");
              /* si negatif -XVdc ->VBC */
    5   asm("        CMPF  R0        ,R5  ");
              /* SOMB - (XVdc)          */
        asm("        LDFP  R0        ,R5  ");
              /* si negatif  XVdc ->VBC */
        asm("        STF   R5  ,@_VECT+98 ");
   10         /* store VBC              */

        /***** BORNE VCC *****/
        asm("        CMPF  R1        ,R6  ");
              /* SOMC - (-XVdc)         */
   15   asm("        LDFN  R1        ,R6  ");
              /* si negatif -XVdc ->VCC */
        asm("        CMPF  R0        ,R6  ");
              /* SOMC - (XVdc)          */
        asm("        LDFP  R0        ,R6  ");
   20         /* si negatif  XVdc ->VCC */
        asm("        STF   R6  ,@_VECT+99 ");
              /* store VCC              */
        /* convertir pour FPGA */
        asm("NOENERG LDF   @_VECT+125,R3  ");
   25         /* 1/Vdc -> R3            */
        asm("        MPYF  @_VECT+20 ,R3  ");
              /* KOUT1 x 1/Vdc -> R3    */
        asm("        MPYF  R3        ,R4  ");
              /* R4 = 1/Vdc * 256 *VAC  */
   30   asm("        MPYF  R3        ,R5  ");
              /* R5 = 1/Vdc * 256 *VBC  */
        asm("        MPYF  R3        ,R6  ");
              /* R6 = 1/Vdc * 256 *VCC  */
        asm("        LDF   @_VECT+21 ,R1  ");
   35         /* KOUT2 -> R1            */
        asm("        ADDF  R1        ,R4  ");
```

```
        /* IMVA = R4 + 255.5       */
    asm("       STF   R4 ,@_VECT+100 ");
        /* store IMVA              */
    asm("       FIX   R4        ,R4  ");
        /* convertie R4 en integer*/
    asm("       ADDF  R1        ,R5  ");
        /* IMVB = R5 + 255.5       */
    asm("       STF   R5 ,@_VECT+101 ");
        /* store IMVB              */
    asm("       FIX   R5        ,R5  ");
        /* convertie R5 en integer*/
    asm("       ADDF  R1        ,R6  ");
        /* IMVC = R6 + 255.5       */
    asm("       STF   R6 ,@_VECT+102 ");
        /* store IMVC              */
    asm("       FIX   R6        ,R6  ");
        /* convertie R6 en integer*/

    asm("       LDI   255       ,R7  ");
    asm("       LSH   9         ,R7  ");
    asm("       OR    R7        ,R6  ");
    /* out FPGA */
    asm("       LSH   9         ,R6  ");
        /* shift IMVC de 9         */
    asm("       OR    R5        ,R6  ");
        /* IMVC,IMVB -> R6         */
    asm("       LSH   9         ,R6  ");
        /* shift IMVC,IMVB de 9    */
    asm("       OR    R4        ,R6  ");
        /* IMVC,IMVB,IMVA -> R6    */
    asm("       LDI   @_VECT+62 ,R1  ");
        /* set position de carte   */
    asm("       STI   R1    ,*+AR0(2)");
        /* store -> PAGEADDR.      */
    asm("       STI   R6    ,*+AR1(3)");
        /* out FPGA                */
```

```
/***     TRANSFERT VECTEUR FONTION VEHICULE AU C30  *******/
/* prepare transfert vecteur vers c30 */
asm("         LDI @_VECT+58     ,AR7 ");
      /* store ad.DRAMIN -> AR7 */
asm("         LDI  0                ,R7 ");
asm("         STI R7          ,*+AR2(0)");
asm("         STI AR7         ,*+AR2(4)");
      /*store dans src.->AR2(4) */
asm("         STI AR4         ,*+AR2(6)");
      /*store dans dest.->AR2(6)*/
asm("         LDI 33                ,R7  ");        /* 33 */
asm("         STI R7          ,*+AR2(8)");
asm("         LDI 0C53h             ,R7  ");
/* verifi si j'ai le droit de lire */
asm("         LDI 0fh               ,R1  ");
asm("         CMPI *-AR7(1)     ,R1  ");
      /* 0fh - mem(20 0001)      */
asm("         BN  NDMAIN                 ");

/* lance le transfert si < 10 */
asm("         STI R7          ,*+AR2(0)");

/* watch dog laisse une trace */
asm("         LDI 3h                ,R7  ");
asm("         STI R7        ,*-AR7(1) ");

/********* TRANSFERT VECTEUR DANS DRAM   ********************/

asm("         LDI  0          , IR0 ");
asm("         LDI  @_VECT1    , AR0 ");
asm("         LDI  @_VECT+58  , AR1 ");
asm("BOUCLE:  CMPI 40         , IR0 ");
asm("         BLTD BOUCLE             ");
asm("         LDF  *+AR0(IR0), R0   ");
asm("         STF  R0   ,*+AR1(IR0) ");
asm("         ADDI 1          , IR0 ");
```

```
    asm("        LDI  @_VECT+58  ,AR7 ");
         /* store ad. DRAM -> AR7  */
    asm("        LDI  0h           ,R0 ");
    asm("        STI  R0    ,*-AR7(2) ");
    asm("        STI  R0    ,*-AR7(1) ");
    asm("        LDI  @_VECT+59  ,AR7 ");
         /* store ad. OSCIL.->AR7  */
    asm("        STI  R0    ,*-AR7(1) ");
    asm("        LDI  86           ,R0 ");
    asm("        STI  R0    ,*-AR7(3) ");
    asm("        STI  R0    ,*-AR7(4) ");
    asm("        STI  R0    ,*-AR7(5) ");
    asm("        STI  R0    ,*-AR7(6) ");

/******** SET L'ADRESSE DES POINTEURS   ******************/

    asm("        LDI  @_CONTMIX  ,AR0 ");
         /* control mix bus ->AR0  */
    asm("        LDI  @_CONTACQ  ,AR1 ");
         /* control acquit. ->AR1  */
    asm("        LDI  @_CONTDMA  ,AR2 ");
         /* control DMA     ->AR2  */
    asm("        LDI  @_SINUS    ,AR3 ");
         /* adr. vect.SINUS ->AR3  */
    asm("        LDI  @_VECT1    ,AR4 ");
         /* adresse sramin  ->AR4  */
    asm("        LDI  @_CONTIM1  ,AR5 ");
         /* control timer #1->AR5  */
    /******** INIT. CARTE D'ACQUISITION     ******************/

    asm("        LDI  @_VECT+61  , R0 ");
         /*select module 0, A27=0  */
    asm("        STI  R0    ,*+AR0(2) ");
    asm("        LDI  80h          , R0 ");
         /* inverse polarite entree*/
    asm("        STI  R0    ,*+AR1(1) ");
```

```
        asm("        LDI  0h          , R1 ");
              /*reset FIFO              */
        asm("        STI  R1     ,*+AR1(0) ");
        asm("        NOP                   ");
        asm("        NOP                   ");
        asm("        LDI  10h         , R0 ");
              /*initial. channel ram    */
        asm("        STI  R0     ,*+AR1(0) ");
        asm("        STI  R1     ,*+AR1(3) ");
              /* set channel #1           */
        asm("        LDI  021h        , R0 ");
              /* set channel #2           */
        asm("        STI  R0     ,*+AR1(3) ");
        asm("        LDI  022h        , R0 ");
              /* set channel #3           */
        asm("        STI  R0     ,*+AR1(3) ");
        asm("        LDI  03h         , R0 ");
              /* set channel #4           */
        asm("        STI  R0     ,*+AR1(3) ");
        asm("        LDI  30h         , R0 ");
              /* set channel #17 LDI 0B0H */
        asm("        STI  R0     ,*+AR1(3) ");
        asm("        LDI  11h         , R0 ");/* 9/11/94 */
        asm("        STI  R0     ,*+AR1(3) ");
        asm("        LDI  92h         , R0 ");/* 9/11/94 */
        asm("        STI  R0     ,*+AR1(3) ");
        asm("        NOP                   ");
        asm("        NOP                   ");

        asm("        LDI 0            ,IR1 ");
/********* DEPART DU SYSTEME INTERRUPT   ********************/
        asm("        STI  R1         ,*AR0 ");
              /* reset intmix 02          */
        asm("        LDI  0Eh         , R0  ");
              /* enable intmix 02         */
        asm("        STI  R0         ,*AR0 ");
        asm("        LDI  5h          , IE  ");
```

```
        /* enable int02 ET int00  */
    asm("       STI  R1        ,*AR1 ");
        /*reset FIFO carte acqui. */
    asm("       LDI  0F4h      , R0  ");
        /* start acqui            */
    asm("       STI  R0        ,*AR1 ");
    asm("       LDI  @_VECT+62 , R1  ");
        /* select module 2, A27=1 */
    asm("       STI  R1    ,*+AR0(2) ");
    asm("       OR   2000h     , ST  ");
        /* set GIE enable         */
    asm("       LDI  255       , R7  ");
    asm("       LSH  27        , R7  ");
    asm("       LDI  @_VECT+62 ,R1   ");
    asm("       STI  R1  ,*+AR0(2)   ");
    asm("       STI  R7  ,*+AR1(3)   ");
```

Bien que la présente invention ait été précédemment expliquée par le biais de réalisations préférées de celle-ci, il doit être précisé que toute modification à ces réalisations préférées, à l'intérieur du cadre des revendications jointes, n'est pas considérée changer ni altérer la nature et la portée de la présente invention.

Les réalisations de l'invention, au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définies comme il suit:

1. Méthode pour démarrer une machine synchrone (2) ayant un rotor (93) et un stator (92) muni d'enroulements, le rotor (93) ayant une position initiale par rapport au stator (92), la méthode comprend les étapes suivantes (a) initialiser une phase de démarrage d'une première somme vectorielle de sommes vectorielles successives de courants destinées à être appliquée aux enroulements; (b) appliquer des sommes vectorielles successives de courants aux enroulements, chacune des sommes vectorielles successives ayant une phase, la méthode est caractérisée en ce qu'elle comprend en outre les étapes suivantes:

(c) détecter, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée à l'étape (b), un mouvement du rotor (93) ainsi qu'une direction de ce mouvement par rapport au stator (92);

(d) compenser, pour chaque mouvement et chaque direction détectés à l'étape (c), la phase PVE d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements pour ramener le rotor (93) vers sa position initiale;

(e) détecter si le rotor (93) a bougé par rapport au stator (92) après l'application des sommes vectorielles successives de courants de l'étape (b) et soit augmenter la phase de démarrage d'une valeur différente d'un multiple de 180 degrés électriques si le rotor n'a pas bougé par rapport au stator (92) et retourner à l'étape (b), ou bien aller à l'étape (f); et

(f) mémoriser la valeur de phase de la dernière des sommes vectorielles successives appliquée aux enroulements, ainsi la machine (2) est maintenant prête à être mise en opération à partir de la valeur de phase mémorisée à l'étape (f).

FEUILLE MODIFIEE

2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que, dans l'étape (d), la phase PVE est calculée au moyen des équations suivantes:

$$INT = K*MOV + INT1$$

$$PVE=INT + CNT$$

où INT1 est une erreur précédente qui a été intégrée et calculée, INT est une erreur actuelle intégrée et calculée, MOV est le mouvement et la direction de ce mouvement qui ont été détectés à l'étape (c) par rapport à la position initiale, CNT est représentatif d'une position du rotor (93), et K est une constante prédéterminée.

3. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que, dans l'étape (d), la phase PVE est calculée au moyen des équations suivantes:

$$INT = K*MOV + INT1$$

$$PVE=Kp*MOV + INT + CNT$$

où INT1 est une erreur précédente qui a été intégrée et calculée, INT est une erreur actuelle intégrée et calculée, MOV est le mouvement et la direction de ce mouvement qui ont été détectés à l'étape (c) par rapport à la position initiale, CNT est représentatif d'une position du rotor (93), et K et Kp sont des constantes prédéterminées.

4. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'étape (b) comprend les étapes suivantes:

(i) déterminer pour chacune des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements, une valeur d'amplitude augmentée d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants destinée à être appliquée aux enroulements; et

(ii) déterminer si la valeur d'amplitude augmentée de la somme vectorielle subséquente a atteint une valeur d'amplitude prédéterminée, et soit terminer l'application

des sommes successives de courants de l'étape (b) et aller à l'étape (e) si la valeur d'amplitude augmentée de la somme vectorielle subséquente a atteint la valeur d'amplitude prédéterminée, ou continuer l'application des sommes vectorielles successives de l'étape (b).

5. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que, dans l'étape (b), chacune des sommes vectorielles successives de courants est appliquée aux enroulements au moyen de signaux d'impulsion modulés en largeur.

6. Méthode selon la revendication 4, caractérisée en ce que la première somme vectorielle des sommes vectorielles successives de courants a une amplitude de valeur zéro, et une phase de valeur zéro.

7. Méthode selon la revendication 4, caractérisée en ce que la valeur d'amplitude augmentée est déterminée à partir de l'équation suivante:

$$AV=AVE+I,$$

où AV est la valeur d'amplitude augmentée, AVE est une valeur d'amplitude d'une somme précédente des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements et I est une valeur de constante.

8. Une méthode pour démarrer une machine synchrone ayant un rotor (93) et un stator (92) muni d'enroulements, comprenant l'étape suivante (a) appliquer une séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants aux enroulements, la séquence de sommes vectorielles ayant des phases variables prédéterminées, la méthode étant caractérisée en outre en ce qu'elle comprend les étapes suivantes:

(b) détecter et mémoriser, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée à l'étape (a), un mouvement du rotor (93) et une direction de ce mouvement

FEUILLE MODIFIEE

par rapport au stator (92);

(c) établir une fonction F1 par rapport à la phase, basée sur les mouvements et les directions détectés à l'étape (b), et établir une fonction F2 par rapport à la phase, basée sur les amplitudes de la séquence de sommes vectorielles; et

(d) corréler mathématiquement une équation F résultant des fonctions F1 et F2 avec une équation prédéterminée pour obtenir une différence de phase, ainsi la machine (2) est maintenant prête à être mise en opération à partir de la différence de phase.

9. Méthode selon la revendication 8, caractérisée en ce que, dans l'étape (a), la séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants appliquée aux enroulements a des phases variables prédéterminées qui varient d'une première valeur de phase prédéterminée à une seconde valeur de phase prédéterminée.

10. Méthode selon la revendication 8, caractérisée en ce que l'étape (d) comprend les étapes suivantes:

(i) calculer la deuxième dérivée F1'' de la fonction F1; et

(ii) normaliser la fonction F1'' au moyen de la fonction F2 pour obtenir l'équation F résultant des fonctions F1 et F2.

11. Méthode selon la revendication 8, caractérisée en ce que, dans l'étape (a) chaque somme vectorielle de la séquence de sommes vectorielles de courants est appliquée aux enroulements au moyen de signaux d'impulsion modulés en largeur.

12. Méthode selon la revendication 8, caractérisée en ce que, la corrélation de l'étape (d) est faite au moyen d'une méthode des moindres carrés; et l'équation

prédéterminée définit un sinus qui est représenté par l'équation suivante AMPL*Sin(θ + la différence de phase) où AMPL est une amplitude donnée, et θ est représentatif des phases variables.

13. Méthode selon la revendication 9, caractérisée en ce que, dans l'étape (a) la première valeur de phase prédéterminée est zéro.

14. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que, dans l'étape (e), la phase de démarrage est augmentée par une valeur de 90 degrés électriques.

15. Un appareil pour démarrer une machine synchrone (2) ayant un rotor (93) et un stator (92) muni d'enroulements, le rotor (93) ayant une position initiale par rapport au stator (92), l'appareil comprenant des moyens (6) pour initialiser une phase de démarrage d'une première somme vectorielle de sommes vectorielles successives de courants destinée à être appliquée aux enroulements, et des moyens (6, 8, 10, 12) pour appliquer des sommes vectorielles successives de courants aux enroulements, chacune des sommes vectorielles successives ayant une phase, l'appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre:

des moyens (14, 16) pour détecter, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée, un mouvement du rotor (93) ainsi qu'une direction de ce mouvement par rapport au stator (92);

des moyens (6) pour compenser, pour chaque mouvement et chaque direction qui ont été détectés, la phase d'une somme vectorielle subséquente des sommes vectorielles successives de courants appliquée aux enroulements pour ramener le rotor (93) vers sa position initiale;

des moyens (6) pour augmenter la phase de démarrage d'une valeur différente d'un multiple de 180 degrés

électriques si le rotor (93), après l'application des sommes vectorielles successives de courants, n'a pas bougé par rapport au stator (92); et

des moyens (6) pour mémoriser une valeur de phase de la dernière des sommes vectorielles successives appliquée au rotor (93), ainsi la machine (2) est maintenant prête à être mise en opération à partir de la valeur de phase mémorisée par les moyens (6) pour mémoriser.

16. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens (14, 16) pour détecter le mouvement du rotor (93) et la direction de ce mouvement par rapport au stator (92) comprennent un compteur bidirectionnel (16) et un encodeur par incrément (14) ayant une entrée (18) reliée au rotor (93) et une sortie (20) branchée à une entrée (22) du compteur bidirectionnel (16).

17. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens (6) pour initialiser, les moyens (6) pour augmenter, les moyens (6) pour mémoriser et les moyens (6) pour compenser font tous partie d'une unité de contrôle (6) munie d'un logiciel d'opération.

18. Appareil selon la revendication 16, caractérisé en ce que:

l'encodeur par incrément (14) a une seconde sortie (40) pour générer un signal d'index (42); et

le compteur bidirectionnel (16) a une entrée (44) de charge pour recevoir le signal d'index (42), ainsi le signal d'index (42) est utilisé comme un signal de charge pour confirmer la position absolue du rotor (93) par rapport au stator (92) lorsque la machine synchrone (2) est en opération.

19. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens (6, 8, 10, 12) pour appliquer

comprennent:

une unité de contrôle (6) munie d'un logiciel d'opération;

un détecteur de courant (8) ayant des entrées (24) pour mesurer des courants appliqués aux enroulements et une sortie numérique (26) branchée à une entrée (27) de l'unité de contrôle (6);

un convertisseur (10) ayant des sorties (28) pour appliquer les sommes vectorielles successives de courants aux enroulements, et une entrée (30) pour recevoir des signaux de commande de l'unité de contrôle (6); et

un détecteur de tension (12) a une entrée (32) pour mesurer une tension d'alimentation appliquée au convertisseur (10) et une sortie numérique (34) branchée à une entrée (35) de l'unité de contrôle (6).

20. Un appareil pour démarrer une machine synchrone (2) ayant un rotor (93) et un stator (92) muni d'enroulements, comprenant des moyens (6, 8, 10, 12) pour appliquer une séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants aux enroulements, la séquence de sommes vectorielles ayant des phases variables prédéterminées, l'appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre:

des moyens (6, 14, 16) pour détecter et mémoriser, pour chacune des sommes vectorielles de courants appliquée, un mouvement du rotor (93) et une direction de ce mouvement par rapport au stator (92);

des moyens (6) pour établir une fonction F1 par rapport à la phase, basée sur les mouvements et les directions desdits mouvements;

des moyens (6) pour établir une fonction F2 par rapport à la phase, basée sur des amplitudes de la séquence de sommes vectorielles; et

des moyens (6) pour corréler mathématiquement une équation F résultant des fonctions F1 et F2 avec une

équation prédéterminée pour obtenir une différence de phase, ainsi la machine (2) est maintenant prête à être mise en opération à partir de la différence de phase.

21. Appareil selon la revendication 20, caractérisé en ce que les moyens (6, 14, 16) pour détecter et mémoriser le mouvement du rotor (93) et la direction de ce mouvement par rapport au stator (92) comprennent une unité de contrôle (6) munie d'un logiciel d'opération, un compteur bidirectionnel (16) ayant une sortie (36) reliée à l'unité de contrôle (6), et un encodeur par incrément (14) ayant une entrée (18) reliée au rotor (93) et une sortie (20) branchée à une entrée (22) du compteur bidirectionnel (16).

22. Appareil selon la revendication 20, caractérisé en ce que les moyens (6) pour établir la fonction F1, les moyens (6) pour établir la fonction F2 et les moyens (6) pour effectuer une corrélation mathématique entre l'équation F résultant des fonctions F1 et F2 font tous partie d'une unité de contrôle (6) munie d'un logiciel d'opération.

23. Appareil selon la revendication 20, caractérisé en ce que les moyens (6, 8, 10, 12) pour appliquer comprennent:

une unité de contrôle (6) munie d'un logiciel d'opération;

un détecteur de courant (8) ayant des entrées (24) pour détecter les courants appliqués aux enroulements et une sortie numérique (26) branchée à une entrée (27) de l'unité de contrôle (6);

un convertisseur (10) ayant des sorties (28) pour appliquer la séquence prédéterminée de sommes vectorielles de courants aux enroulements, et une entrée (30) pour recevoir des signaux de commande de l'unité de contrôle (6); et

FEUILLE MODIFIÉE

un détecteur de tension (12) ayant des entrées (32) pour mesurer la tension d'alimentation appliquée au convertisseur (10) et une sortie numérique (34) branchée à une entrée (35) de l'unité de contrôle (6).

24. Appareil selon la revendication 21, caractérisé en ce que:

l'encodeur par incrément (14) a une seconde sortie (40) pour produire un signal d'index (42); et

le compteur bidirectionnel (16) a une entrée (44) de charge pour recevoir le signal d'index (42), ainsi le signal d'index (42) est utilisé comme signal de charge pour confirmer la position absolue du rotor (93) par rapport au stator (92) lorsque la machine synchrone (2) est en opération.

FIG.1

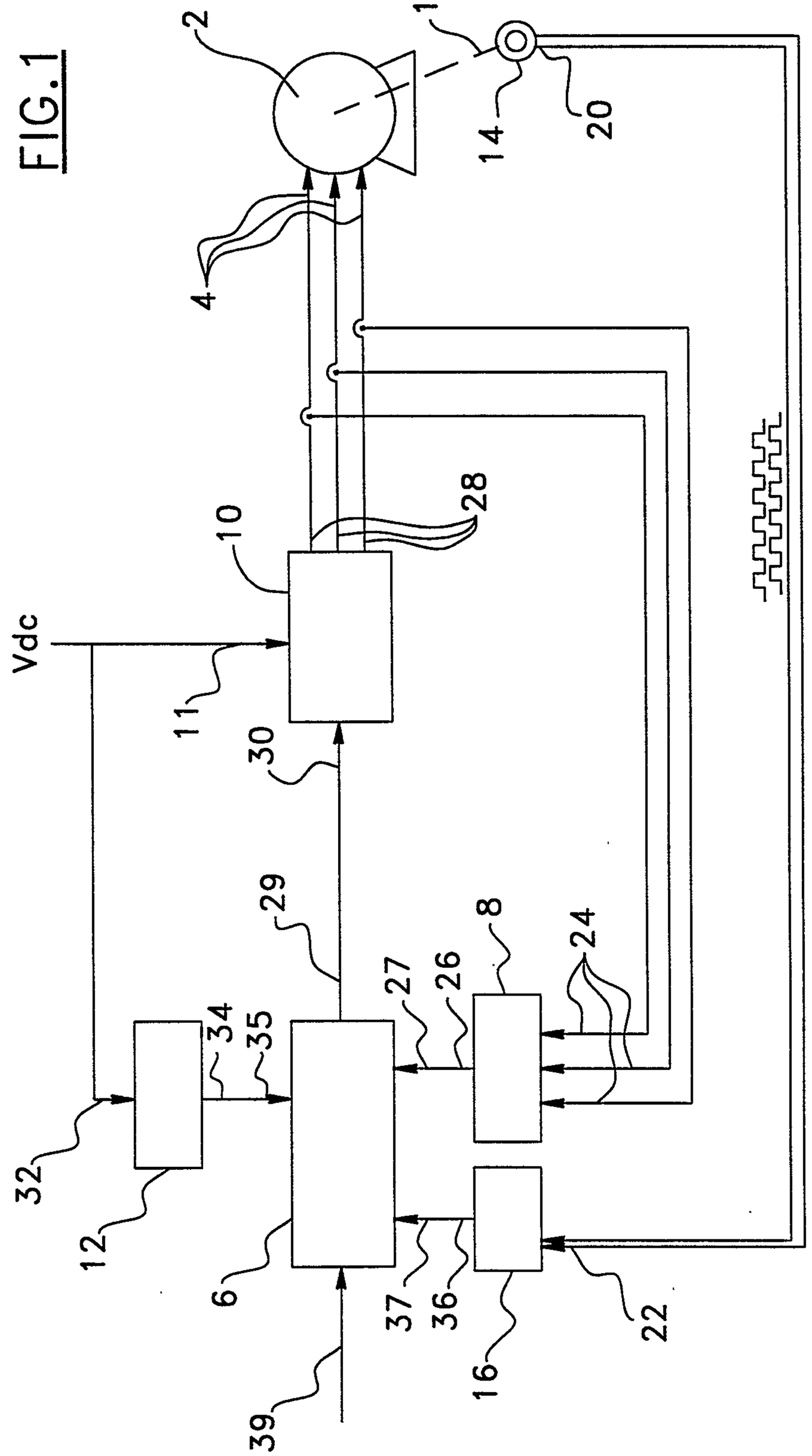
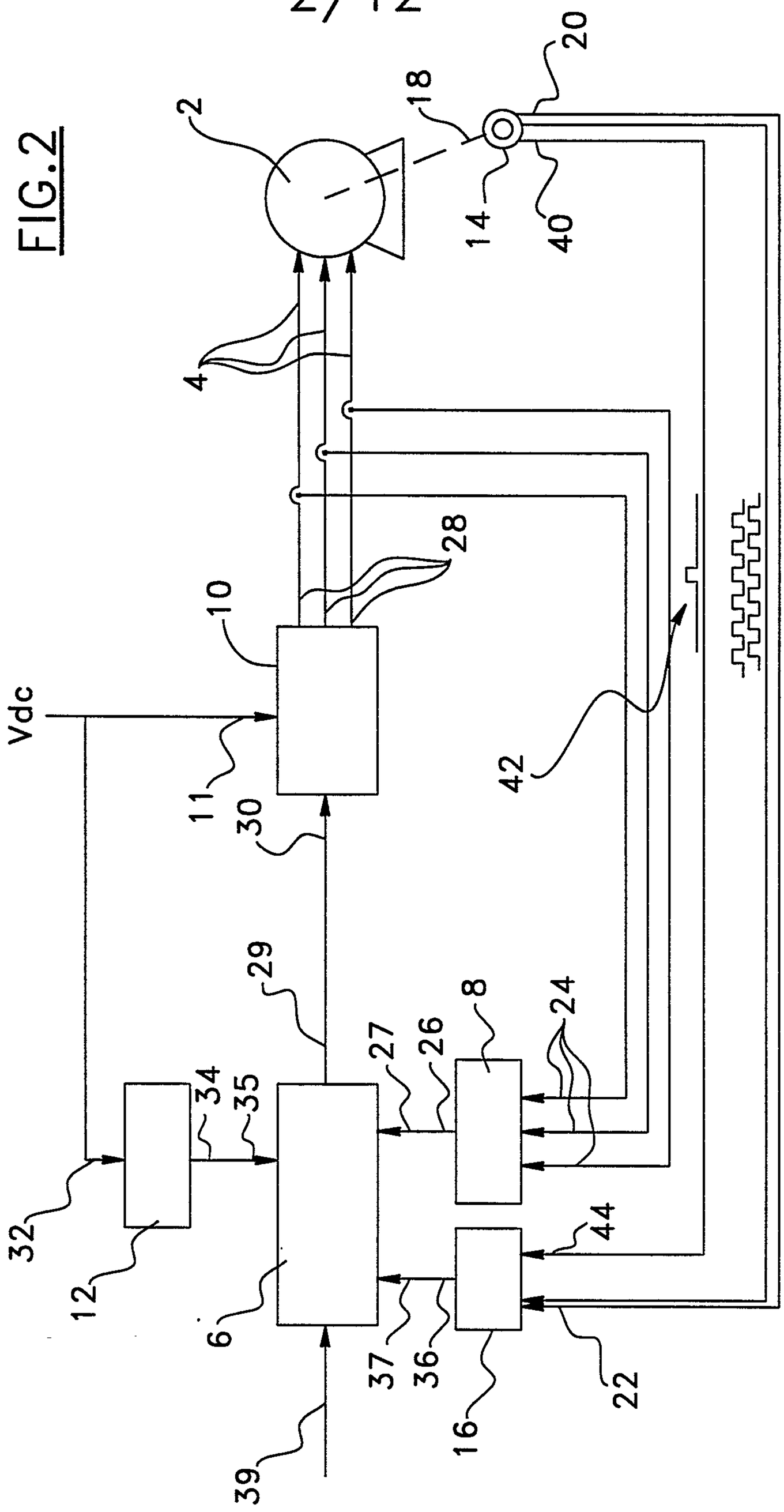


FIG.2


2
4
10
11
12
14
16
18
20
22
24
26
27
28
29
30
32
34
35
36
37
39
40
42
44
6
8
Vdc

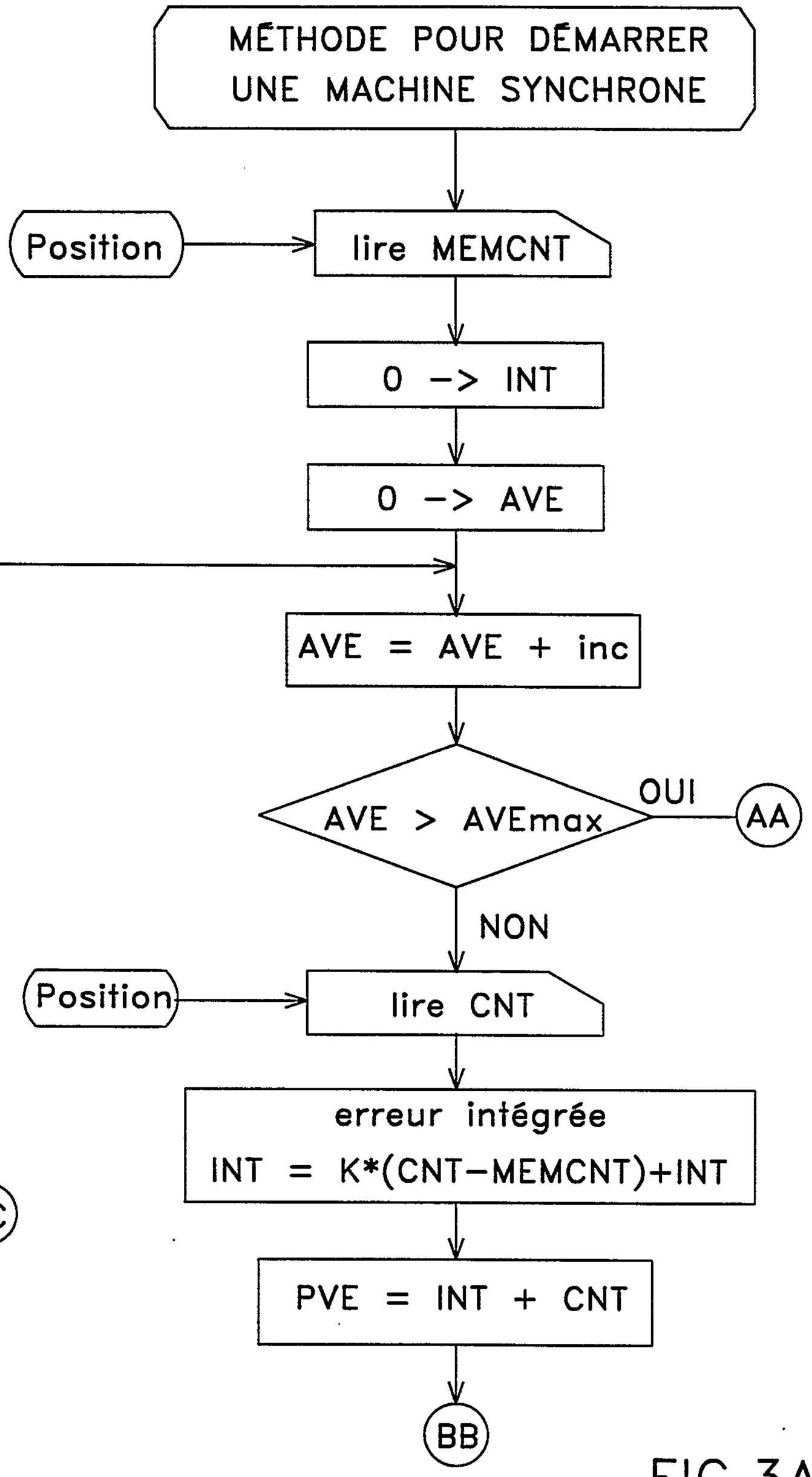
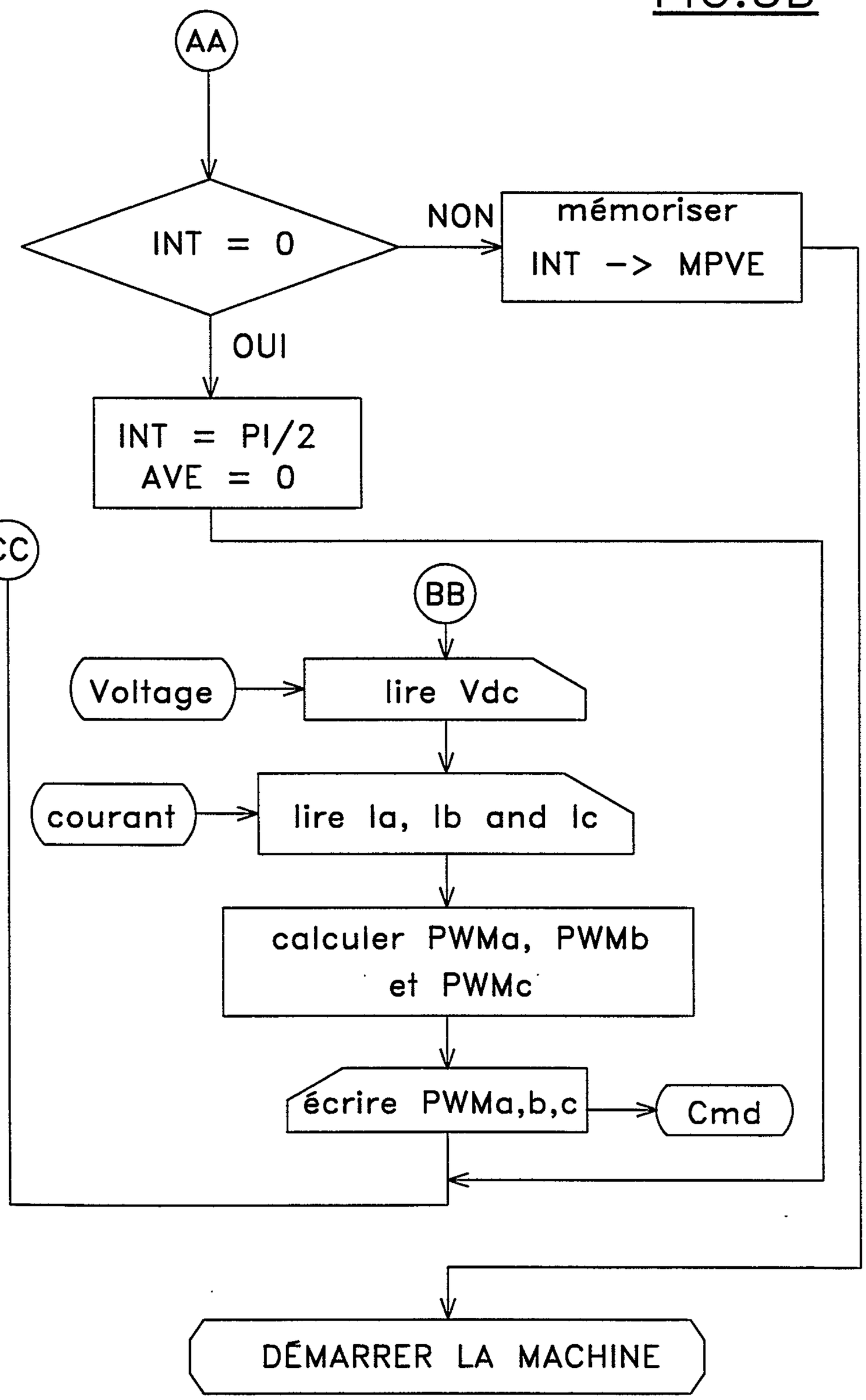

MÉTHODE POUR DÉMARRER UNE MACHINE SYNCHRONE
Position
lire MEMCNT
0 -> INT
0 -> AVE
AVE = AVE + inc
AVE > AVEmax
OUI
AA
NON
Position
lire CNT
erreur intégrée
INT = K*(CNT-MEMCNT)+INT
CC
PVE = INT + CNT
BB

FIG.3A

FIG.3B


AA
INT = 0
NON
mémoriser
INT -> MPVE
OUI
INT = PI/2
AVE = 0
CC
BB
Voltage
lire Vdc
courant
lire Ia, Ib and Ic
calculer PWMa, PWMb
et PWMc
écrire PWMa,b,c
Cmd
DÉMARRER LA MACHINE

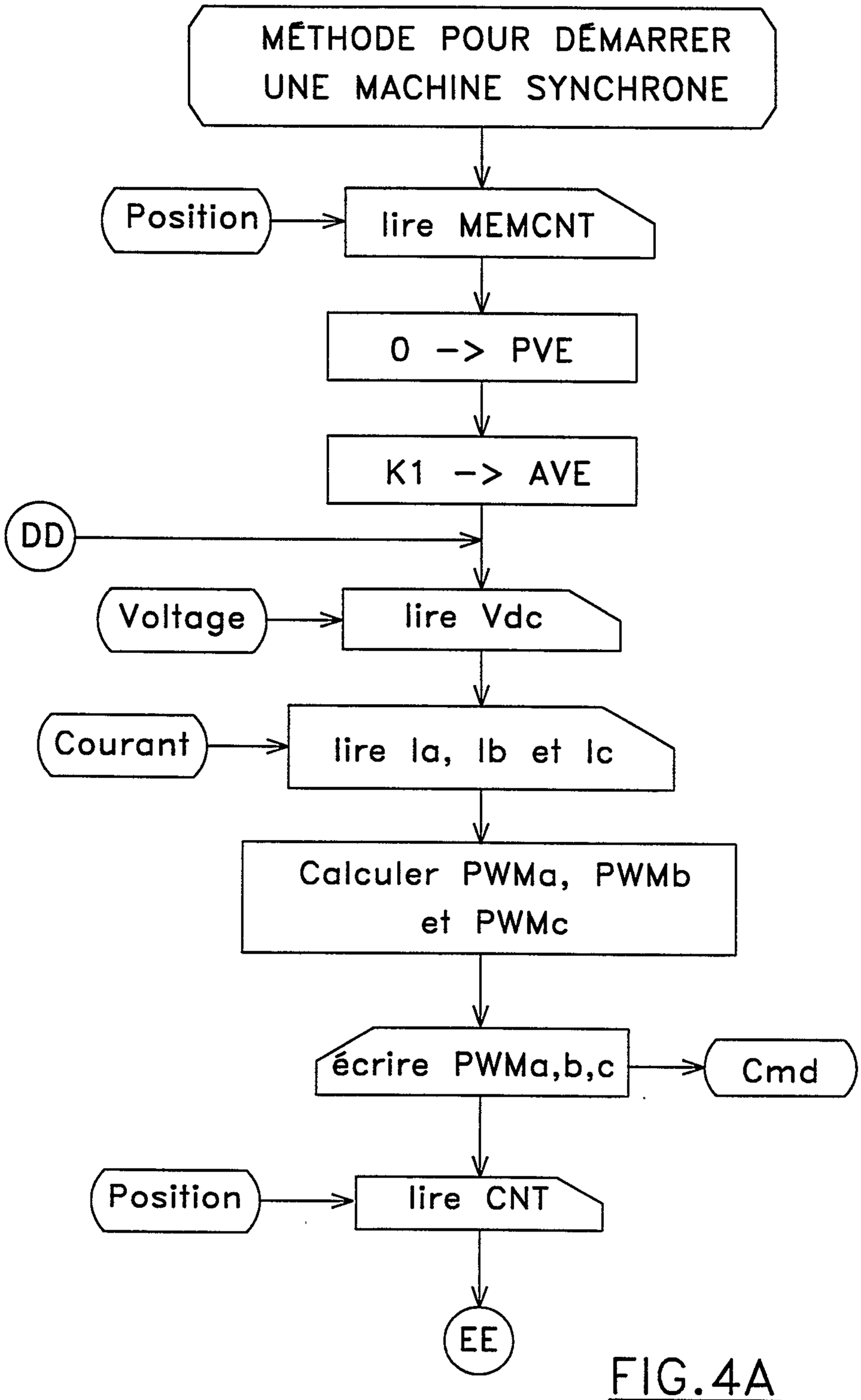

MÉTHODE POUR DÉMARRER UNE MACHINE SYNCHRONE
Position
lire MEMCNT
0 -> PVE
K1 -> AVE
DD
Voltage
lire Vdc
Courant
lire Ia, Ib et Ic
Calculer PWMa, PWMb et PWMc
écrire PWMa,b,c
Cmd
Position
lire CNT
EE

FIG.4A

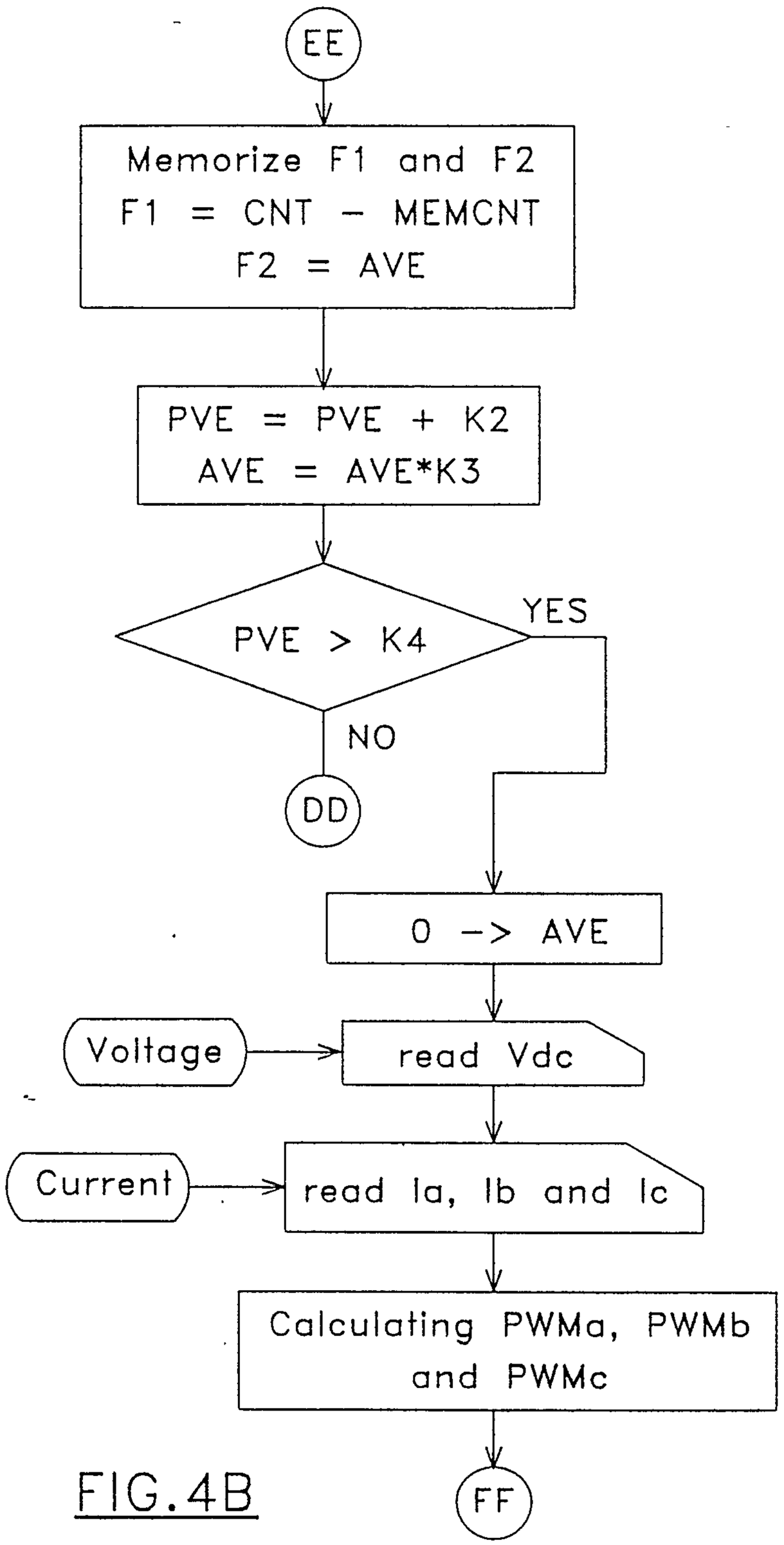


FIG.4B

FEUILLE MODIFIEE

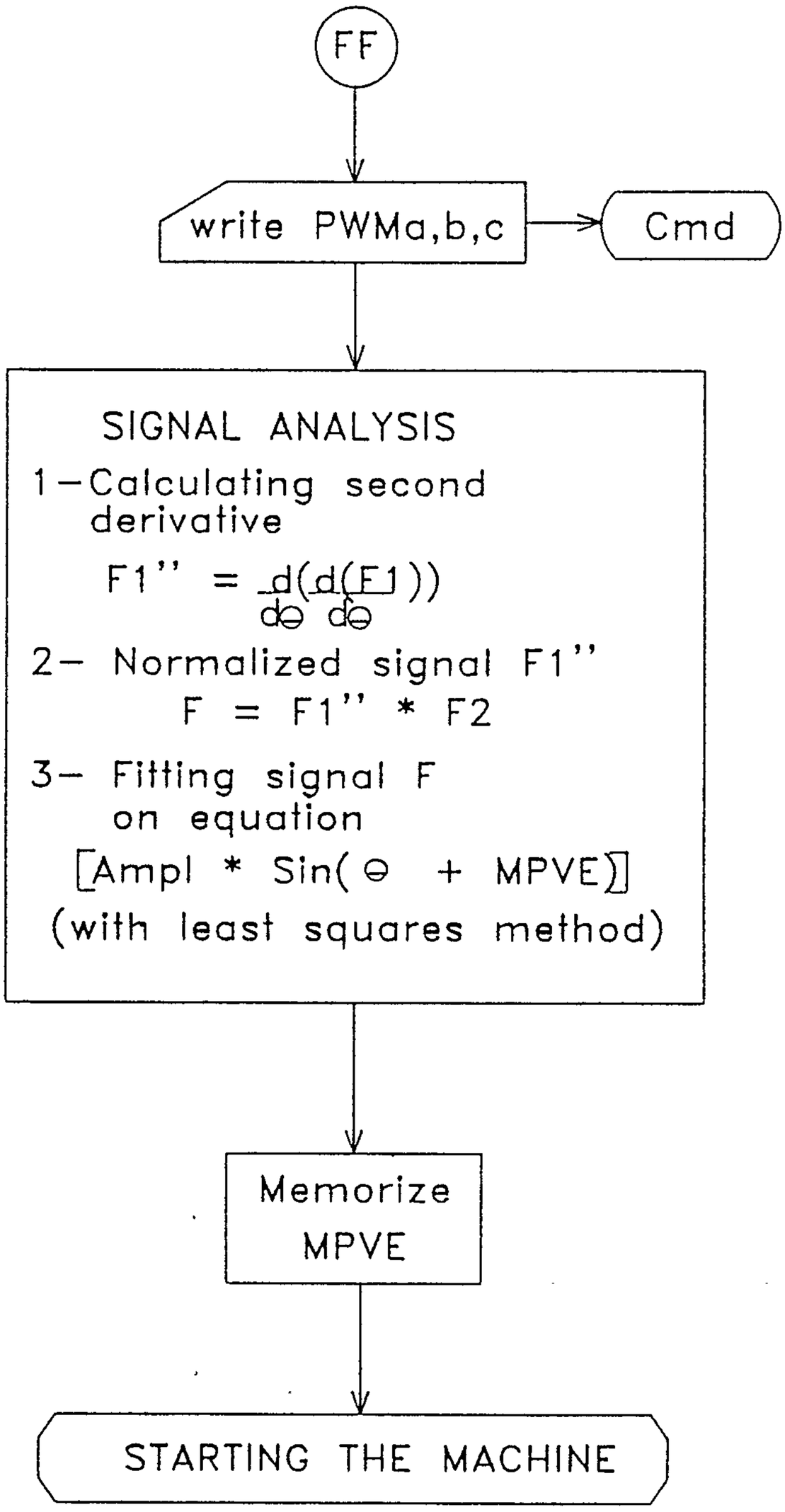


FIG.4C

FEUILLE MODIFIEE

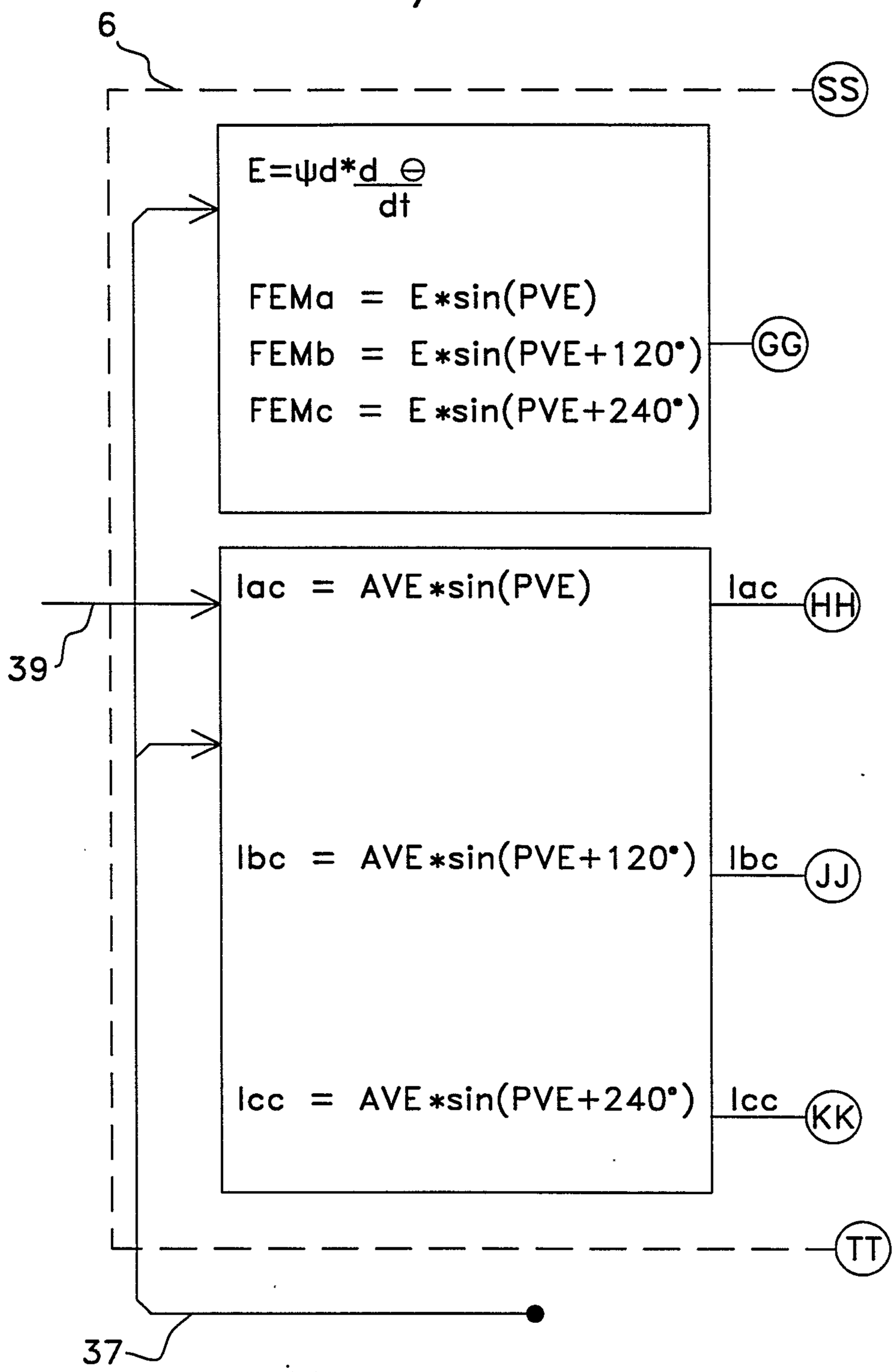

6
SS
E=ψd*d Θ/dt
FEMa = E*sin(PVE)
FEMb = E*sin(PVE+120°)
FEMc = E*sin(PVE+240°)
GG
39
Iac = AVE*sin(PVE)
Iac
HH
Ibc = AVE*sin(PVE+120°)
Ibc
JJ
Icc = AVE*sin(PVE+240°)
Icc
KK
TT
37

FIG.5A

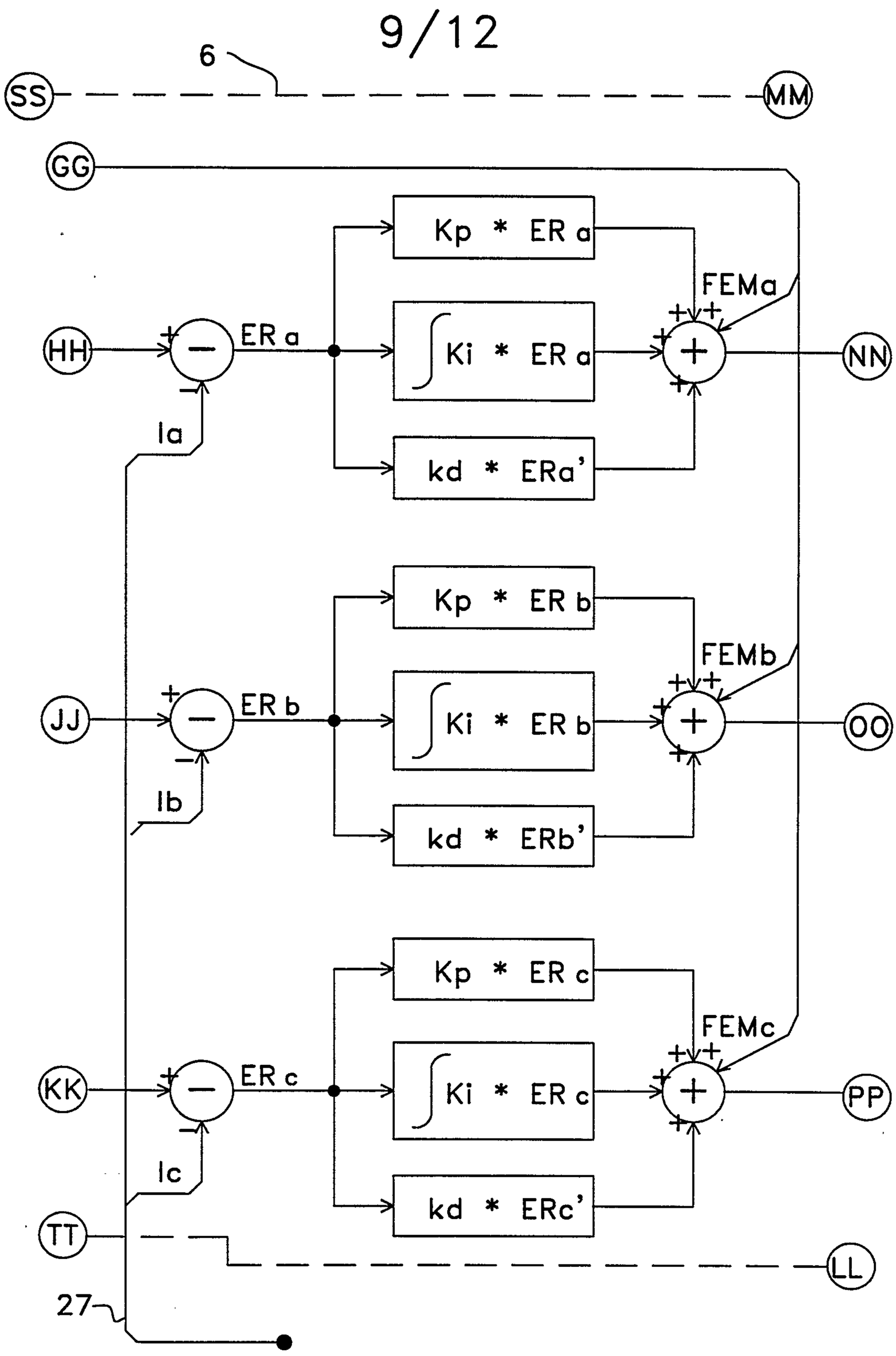

6
SS
MM
GG
HH
ER a
Ia
Kp * ER a
∫ Ki * ER a
kd * ERa'
FEMa
NN
JJ
ER b
Ib
Kp * ER b
∫ Ki * ER b
kd * ERb'
FEMb
OO
KK
ER c
Ic
Kp * ER c
∫ Ki * ER c
kd * ERc'
FEMc
PP
TT
LL
27

FIG.5B

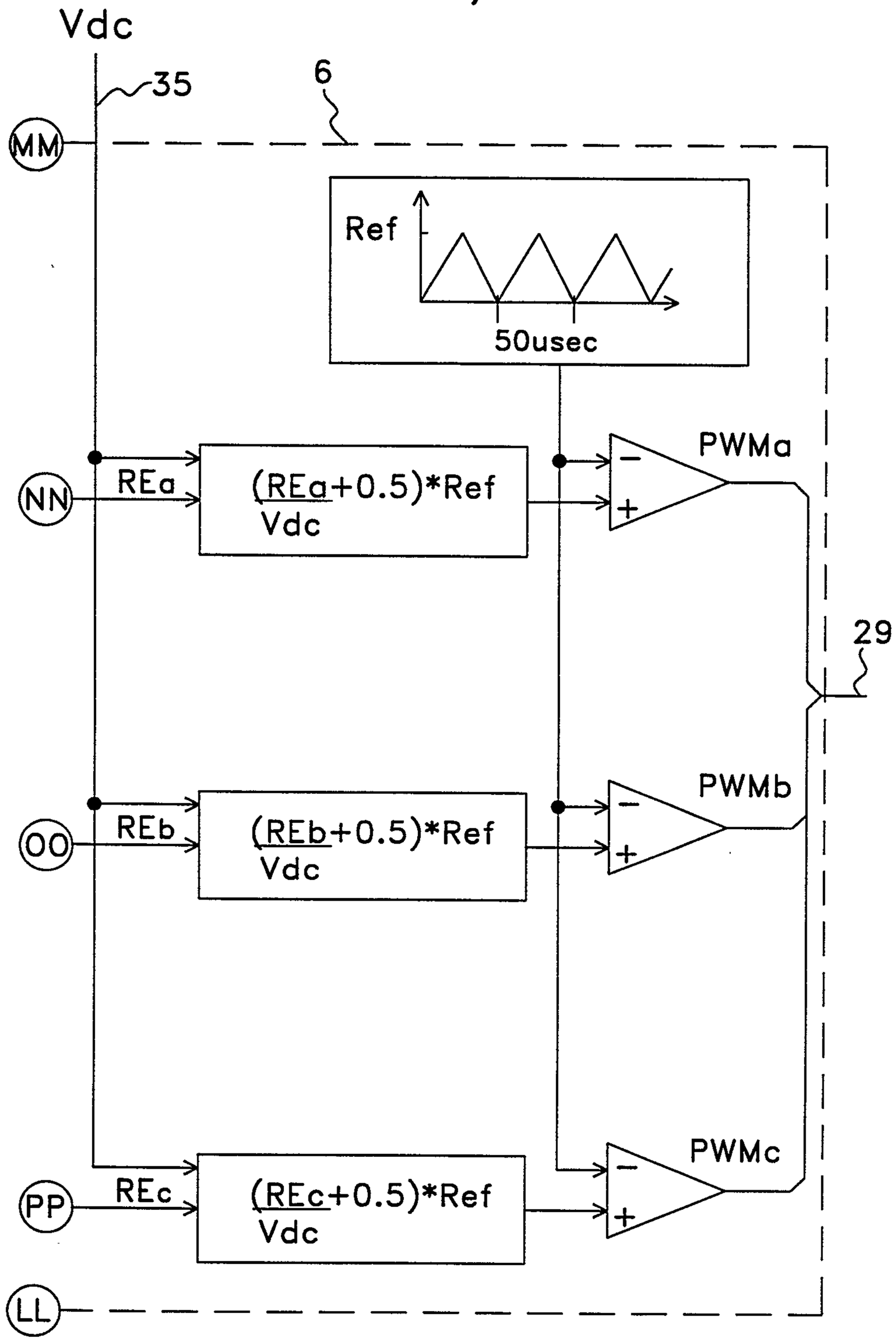

Vdc
35
6
MM
Ref
50usec
NN
REa
(REa+0.5)*Ref
Vdc
PWMa
29
OO
REb
(REb+0.5)*Ref
Vdc
PWMb
PP
REc
(REc+0.5)*Ref
Vdc
PWMc
LL

FIG.5C

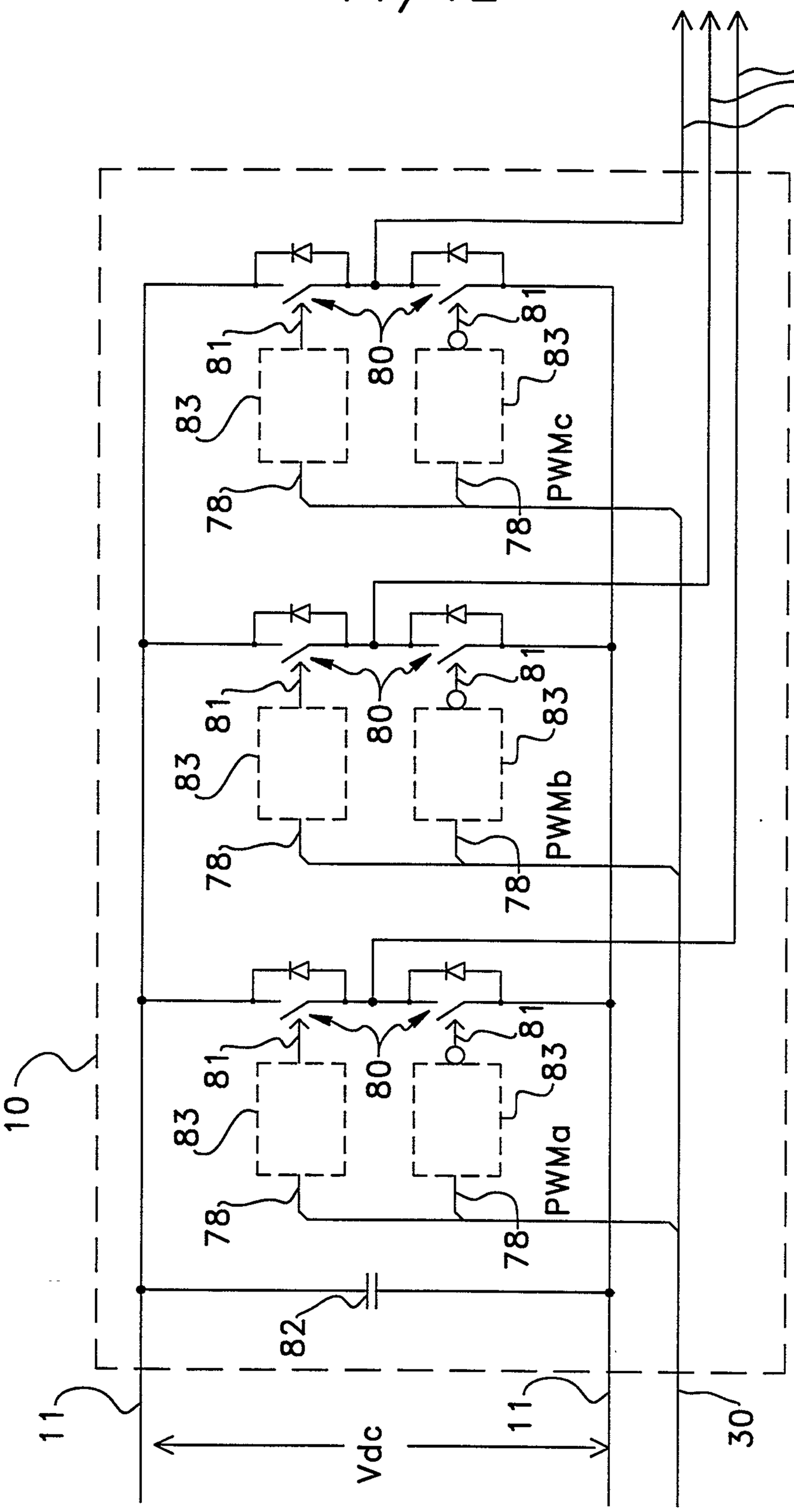
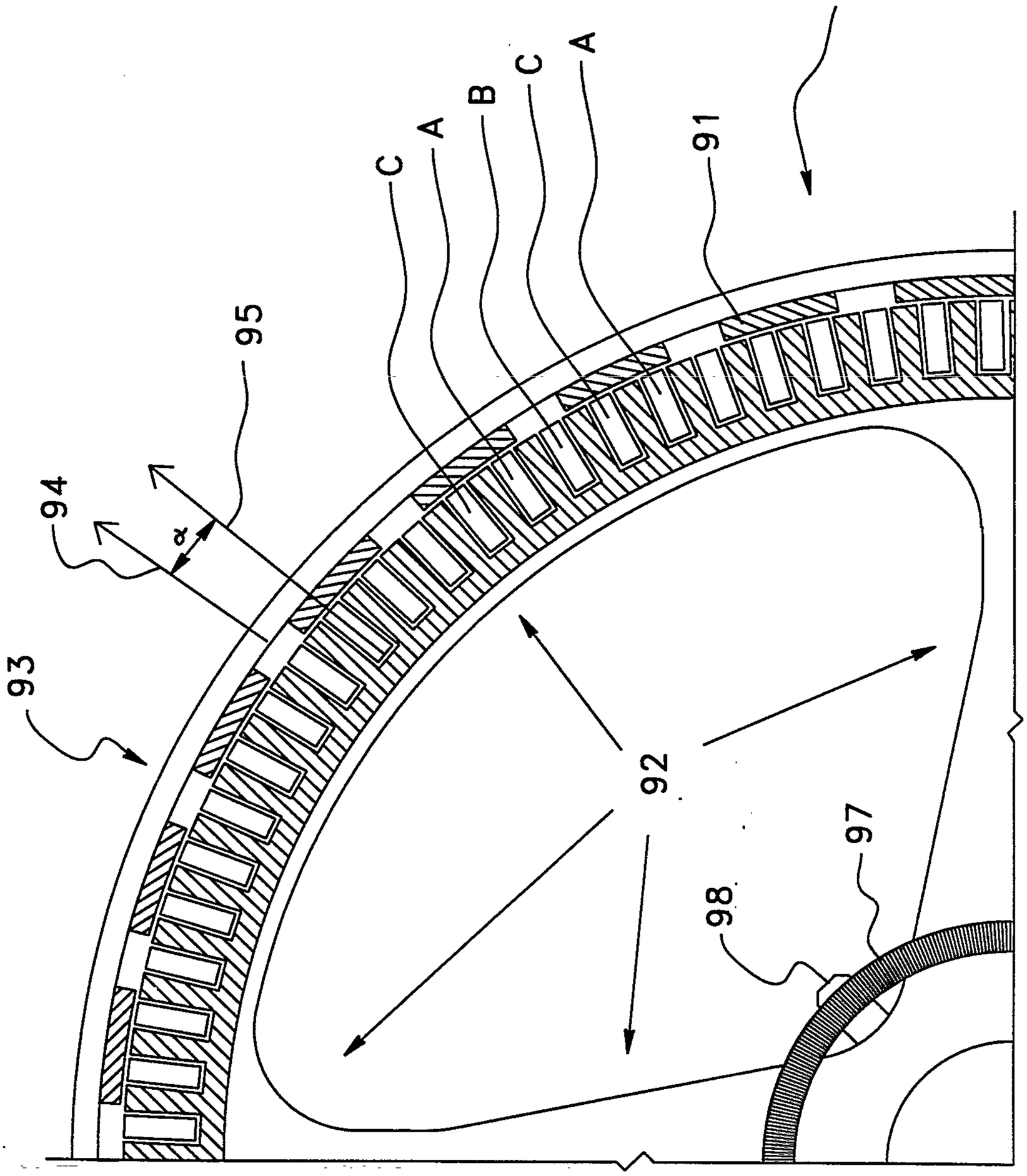
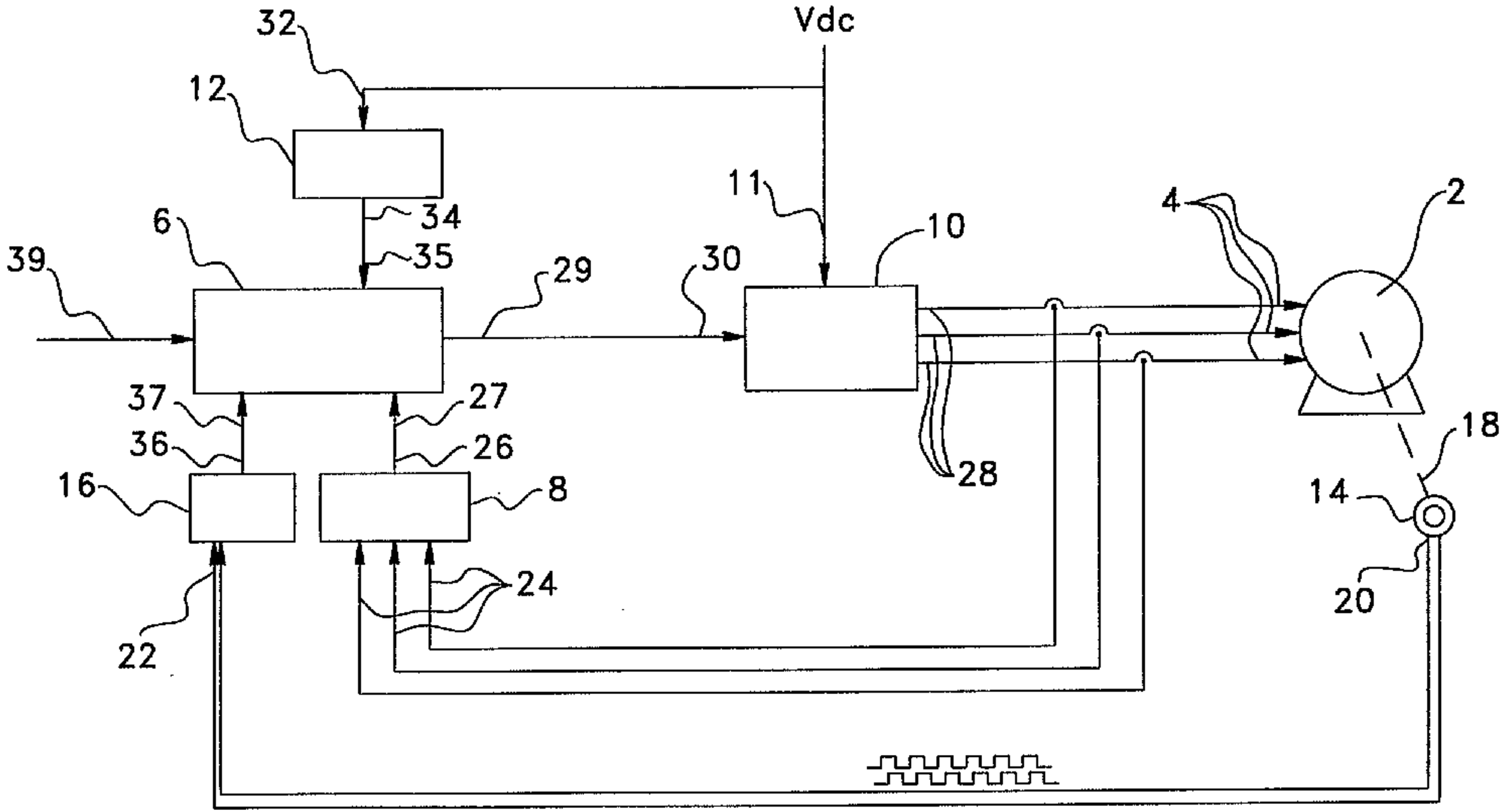


FIG.6

FIG.7




32
Vdc
12
11
34
6
35
10
4
2
39
30
29
37
27
18
36
26
16
8
14
28
24
20
22