



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :  
**30.11.94 Bulletin 94/48**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **H02P 7/63, H05G 1/66**

②① Numéro de dépôt : **90402014.6**

②② Date de dépôt : **12.07.90**

⑤④ **Dispositif de commande de la vitesse de moteurs diphasés ou triphasés.**

③① Priorité : **13.07.89 FR 8909546**

④③ Date de publication de la demande :  
**16.01.91 Bulletin 91/03**

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :  
**30.11.94 Bulletin 94/48**

⑧④ Etats contractants désignés :  
**DE ES GB NL**

⑤⑥ Documents cités :  
**US-A- 4 774 448**  
**US-A- 4 829 551**  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no.**  
**277 (E-778)(3625) 26 juin 1989 ; & JP-A-01 064**  
**593**  
**IEE PROCEEDINGS B. ELECTRICAL POWER**  
**APPLICATIONS, vol. 134, no. 1, janvier 1987,**  
**STEVENAGE GB, pages 57-60; D. ALEXA :**  
**"STATIC FREQUENCY CONVERTER FOR**  
**SUPPLYING AN ASYNCHRONOUS TWO-**  
**PHASE MOTOR"**

⑤⑥ Documents cités :  
**PESC '89 RECORD VOL II 29 janvier 1989, US**  
**pages 571-578 ; D. JANG ET AL :**  
**"PHASE-DIFFERENCE CONTROL OF 2-**  
**PHASE INVERTER-FED INDUCTION MOTOR"**  
**IEEE TRANS. ON INDUSTRY APPLICATIONS**  
**VOL IA-9, NO 3, MAY/JUNE 1973 ; H.S. PATEL**  
**ET AL : "GENERALIZED TECHNIQUES OF**  
**HARMONIC ELIMINATION AND VOLTAGE**  
**CONTROL IN THYRISTOR INVERTERS - PART**  
**1 HARMONIC ELIMINATION"**

⑦③ Titulaire : **GENERAL ELECTRIC CGR S.A.**  
**100, rue Camille-Desmoulins**  
**F-92130 Issy les Moulineaux (FR)**

⑦② Inventeur : **Ernest, Philippe**  
**Cabinet Ballot-Schmit,**  
**7 rue Le Sueur**  
**F-75116 Paris (FR)**

⑦④ Mandataire : **Ballot, Paul Denis Jacques et al**  
**Cabinet Ballot-Schmit,**  
**7, rue Le Sueur**  
**F-75116 Paris (FR)**

**EP 0 408 458 B1**

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

La présente invention concerne les moteurs alternatifs diphasés et, plus particulièrement, un dispositif de commande de la vitesse de tels moteurs.

L'invention sera décrite dans son application au domaine de la radiologie médicale où il est nécessaire de commander la vitesse de rotation de l'anode d'un tube émetteur de rayons X. Comme le montre schématiquement la figure 1, un tel tube est généralement constitué comme une diode, c'est-à-dire avec une cathode 11 et une anode 12 ou anti-cathode, ces deux électrodes 11 et 12 étant enfermées dans une enveloppe 13 étanche au vide qui permet de réaliser l'isolement électrique entre ces deux électrodes. La cathode 11 produit un faisceau d'électrons et l'anode 12 reçoit ces électrons sur une petite surface qui constitue un foyer d'où sont émis les rayons X.

Quand la haute tension d'alimentation est appliquée aux bornes de la cathode 11 et de l'anode 12, de façon que la cathode soit au potentiel négatif, un courant dit courant anodique s'établit dans le circuit, au travers d'un générateur 14 produisant la haute tension d'alimentation; le courant anodique traverse l'espace entre la cathode et l'anode sous la forme du faisceau d'électrons qui bombardent le foyer.

Une faible proportion (1%) de l'énergie dépensée à produire le faisceau d'électrons est transformée en rayons X. Aussi, compte tenu également des puissances instantanées importantes mises en jeu (de l'ordre de 1 à 100 KW) et des petites dimensions du foyer (de l'ordre du millimètre), les constructeurs ont depuis longtemps réalisé des tubes à rayons X à anodes tournantes où l'anode est mise en rotation pour répartir le flux thermique sur une couronne appelée couronne focale, d'aire plus grande que le foyer, l'intérêt étant d'autant plus grand que la vitesse de rotation est élevée, en général, entre 3.000 et 12.000 tours par minute.

L'anode tournante 12 de type classique a la forme générale d'un disque ayant un axe de symétrie 17 autour duquel elle est mise en rotation à l'aide d'un moteur électrique. Le moteur électrique a un stator 15 situé à l'extérieur de l'enveloppe 13 et un rotor 16 monté dans l'enveloppe et disposé selon l'axe de symétrie 17, le rotor étant mécaniquement solidarisé à l'anode par l'intermédiaire d'un arbre support 18. Ce moteur est généralement de type asynchrone de sorte qu'il ne nécessite pas la création d'un champ inducteur par le rotor. L'énergie dissipée dans un tel tube est élevée et il est donc prévu de le refroidir. Pour cela, le tube est enfermé dans une enceinte ou gaine 19 dans laquelle on fait circuler un liquide de refroidissement 19, notamment de l'huile.

La rotation de l'anode à des vitesses élevées conduit à une usure rapide des paliers du moteur. Aussi, pour allonger leur durée de vie ainsi que pour réduire les pertes Joule du moteur qui sont dissipées dans la gaine renfermant le tube à rayons X, l'anode n'est pas entraînée à grande vitesse en permanence, ce qui signifie qu'il est prévu au moins deux vitesses de rotation, l'une élevée pour l'exposition radiologique proprement dite et l'autre plus faible entre deux expositions, cette dernière pouvant être nulle.

Par ailleurs, il est connu d'utiliser un même tube à rayons X pour créer deux sources de rayons X différentes qui correspondent à des foyers différents par leur taille et à des débits différents. Il en résulte des conditions de fonctionnement différentes et il est habituel d'avoir, pour chaque type de foyer, une vitesse de rotation adaptée. Ainsi, pour un foyer de 0,3 mm, la vitesse de rotation sera de 3.000 tours/minute tandis qu'elle sera de 9.000 tours/minute pour un foyer de 0,1 mm dans lequel l'énergie est concentrée sur une surface plus faible.

Les diagrammes de la figure 2 montrent, à titre d'exemple, deux cycles de fonctionnement de l'anode tournante d'un tube à rayons X, l'un 20 pour un foyer de 0,3 mm et l'autre 21 pour un foyer de 0,1 mm. Les deux cycles sont identiques et comprennent une première phase A qui correspond au démarrage du moteur, une deuxième phase B de maintien de la vitesse (3.000 tours/minute ou 9.000 tours/minute) et une troisième phase C de freinage jusqu'à l'arrêt du moteur.

Les moteurs qui sont utilisés pour réaliser des anodes tournantes sont en général du type diphasé et le schéma électrique qui permet d'effectuer un cycle de fonctionnement est par exemple celui de la figure 3. Sur cette figure 3, le moteur 30 est représenté sous la forme d'un enroulement dit de phase principale 31 et d'un enroulement dit de phase auxiliaire 32 en série avec un condensateur de déphasage 33. Ce condensateur 33 réalise, pour la fréquence considérée, l'alimentation en quadrature des deux enroulements 31 et 32. Ces deux enroulements 31 et 32 sont alimentés par une tension alternative monophasée 34 par l'intermédiaire d'un transformateur 35 et de contacts de relais 36 et 37 en série sur des conducteurs d'alimentation 38 et 39. Le point commun des enroulements 31 et 32 est connecté directement à l'enroulement secondaire du transformateur 35. Par ailleurs, les deux conducteurs 38 et 39 sont connectés par un conducteur 29 disposé entre les contacts des relais 36 et 37.

Lorsque les relais 36 et 37 sont actionnés, les deux enroulements 31 et 32 sont alimentés à la tension normale par le conducteur 38 et le moteur 30 démarre (phase A). Lorsque le relais 36 est ensuite relâché, les enroulements 31 et 32 sont alimentés à tension réduite par le conducteur 39, c'est la phase B.

Pour obtenir le freinage du moteur, il est prévu d'ouvrir les contacts du relais 37 et d'injecter un courant continu dans l'enroulement principal 31, par exemple. A cet effet, les deux bornes de l'enroulement 31 sont

connectées à un circuit redresseur 40 par l'intermédiaire des contacts d'un relais 41. Ainsi, lorsque les relais 36 et 37 sont désactivés tandis que le relais 41 est actionné, un courant circule dans l'enroulement principal et freine le moteur 30.

5 Avec un tel dispositif d'alimentation du moteur 30, ce dernier tourne à une vitesse de 3.000 tours/minute lorsque la fréquence d'alimentation est de 50 Hertz. Pour obtenir une vitesse de rotation de 9.000 tours/minute, il suffit de tripler la fréquence du secteur monophasé à l'aide d'un dispositif utilisant, par exemple, un transformateur à fer saturé et en changeant le condensateur de déphasage 33 à l'aide d'un commutateur (non représenté).

10 Pour obtenir des vitesses de rotation du moteur qui sont différentes de celles imposées par le secteur (3.000 tours/minute ou 9.000 tours/minute), il est nécessaire d'avoir recours à un onduleur. Le recours à un onduleur est également nécessaire lorsque l'alimentation est en courant continu, par exemple pour les appareils de radiologie mobiles fonctionnant sur batterie.

15 L'une des solutions qui est adoptée est d'utiliser un onduleur monophasé qui alimente un moteur diphasé dont la phase auxiliaire est en série avec un condensateur de déphasage. Cette solution présente l'inconvénient de nécessiter des commutations, notamment pour adapter les condensateurs de déphasage à la vitesse et pour obtenir le freinage. En outre, il n'y a pas optimisation de l'ensemble onduleur-moteur car, notamment, le condensateur, d'une part, réalise le déphasage souhaité avec une précision faible en fonction de sa tolérance propre et de celle du moteur et, d'autre part, il provoque une augmentation des harmoniques de courant dans la phase auxiliaire.

20 Pour remédier aux inconvénients de cette première solution, on utilise deux onduleurs monophasés en quadrature et un moteur diphasé sans condensateur de déphasage. Le schéma électrique de principe est celui de la figure 4. L'enroulement 31 de la phase principale est alimenté par un premier onduleur 44 représenté par quatre interrupteurs 45,46,47 et 48 tandis que l'enroulement 32 de la phase auxiliaire est alimenté par un deuxième onduleur 49 représenté par quatre interrupteurs 50,51,52 et 53. Pour la compréhension du texte, chaque interrupteur pourra être considéré comme composé d'un transistor ou d'un thyristor associé à une diode antiparallèle. Un condensateur 54 constitue le filtre d'entrée des onduleurs 44 et 49 qui sont alimentés en courant continu par une source 43.

25 Cette deuxième solution est d'un coût élevé car elle met en oeuvre deux onduleurs. Aussi, une troisième solution consiste à utiliser un moteur 66 dont le stator permet un bobinage triphasé, ce bobinage étant alimenté par un onduleur triphasé selon le schéma de la figure 5. Sur cette figure, l'onduleur 55 comprend trois paires ou couples d'interrupteurs 56 et 57, 58 et 59, 60 et 61 dont chaque point commun A, B ou C est connecté à un enroulement 62 pour les interrupteurs 56 et 57, à un enroulement 63 pour les interrupteurs 58 et 59 et à un enroulement 64 pour les interrupteurs 60 et 61. Dans ce schéma, le condensateur de filtrage est référencé 65.

35 L'ouverture et la fermeture des interrupteurs 56 à 60 sont commandés par un dispositif 67 qui fournit des signaux de commande desdits interrupteurs. Si l'on considère que les signaux de commandes sont tels que les formes d'ondes VA,VB,VC, mesurées entre les points communs A,B et C des interrupteurs et le pôle négatif de l'alimentation, sont données par les diagrammes des figures 6-a, 6-b et 6-c. Ce sont des signaux carrés déphasés de 120° l'un par rapport à l'autre. Les diagrammes des figures 6-d, 6-e et 6-f donnent le résultat de la combinaison de ces formes d'ondes entre elles telle que la figure 6-d correspond à VA-VB, la figure 6-e à VB-VC et la figure 6-f correspond à VC-VA. Ces formes d'ondes, appelées couramment ondes pseudosinu-  
30 soïdales, sont déphasées de 120° l'une par rapport à l'autre.

45 Dans cette troisième solution, la réalisation plus aisée du bobinage triphasé du moteur permet une amélioration des performances du moteur, ce qui permet un temps de montée en vitesse (phase A) plus court. En outre, le fonctionnement d'un tel dispositif conduit à une élimination naturelle, dans le moteur, des harmoniques de courant de rang multiple de trois qui, comme les harmoniques intermédiaires, ne fournissent pas de couple utile mais créent au contraire des courants parasites et occasionnent des pertes. Enfin, on obtient un allègement du filtre d'entrée car la fréquence de l'ondulation imposée par le moteur triphasé est triplée, ce qui réduit la valeur de la capacité du condensateur de filtrage 65.

50 Cependant, une telle solution ne peut être mise en oeuvre que si le stator présente un nombre d'encoches qui est un multiple de trois de manière à permettre un bobinage triphasé.

De plus, compte tenu de l'emploi jusqu'à présent de moteurs diphasés, il est nécessaire de conserver la compatibilité du dispositif de commande de vitesse avec ce type de moteur.

55 L'invention se rapporte à un dispositif de commande d'un moteur diphasé, caractérisé par les caractéristiques de la revendication 1 ou de la revendication 2.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un exemple particulier de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma simplifié d'un tube à rayons X,
- la figure 2 est un diagramme montrant deux cycles de fonctionnement d'un moteur d'anode de tube à rayons X,
- la figure 3 est un schéma électrique d'alimentation d'un moteur diphasé d'anode de tube à rayons X,
- 5 - la figure 4 est un schéma de principe d'un moteur diphasé alimenté par deux onduleurs monophasés en quadrature,
- la figure 5 est un schéma de principe d'un moteur triphasé alimenté par un onduleur triphasé,
- les figures 6-a à 6-f sont des diagrammes montrant les formes d'ondes fournies par l'onduleur triphasé 55 de la figure 5,
- 10 - la figure 7 est un schéma de principe d'un moteur diphasé alimenté par un onduleur triphasé.
- les figures 8-a à 8-e sont des diagrammes montrant les formes d'ondes fournies par l'onduleur triphasé 70 de la figure 7,
- la figure 9 est un diagramme montrant la forme d'onde d'échantillonnage du signal fondamental, et
- la figure 10 est un schéma fonctionnel d'un circuit de commande d'un onduleur.

15 La figure 7 est le schéma de principe d'un dispositif de commande de la vitesse d'un moteur diphasé 85 tel que décrit par exemple dans le document US-A- 4 829 551, ledit moteur comportant un enroulement 82 de phase principale et un enroulement 83 de phase auxiliaire. Ce dispositif comprend un onduleur triphasé 70 qui est alimenté en courant continu par une source 71 et qui est commandé par un circuit 86. Un condensateur 72 sert d'élément de filtrage. L'onduleur 70 comporte trois paires ou couples d'interrupteurs 73 et 74, 75 et 20 76, 77 et 78 dont chaque point commun D, E et F est connecté respectivement à l'enroulement 82 de la phase principale, au point commun 84 des deux enroulements 82 et 83 et à l'enroulement 83 de phase auxiliaire.

L'ouverture et la fermeture des interrupteurs 73 à 78 sont commandées par un circuit 86 qui fournit des signaux de commande desdits interrupteurs. Ces interrupteurs 73 à 78 sont réalisés de préférence par des composants électroniques classiques tels que des transistors ou des thyristors, associés à des diodes en pa- 25 rallèle inverse.

Les impulsions de commande des interrupteurs 73 à 78 doivent être telles que la tension appliquée à l'enroulement 83 de la phase auxiliaire soit déphasée de 90° par rapport à celle appliquée à l'enroulement 82 de la phase principale. En outre, ces tensions ne doivent pas contenir d'harmoniques de rang faible qui ne contribuent pas à augmenter le couple moteur sachant que les harmoniques de rang élevé ne sont pas gênants car 30 les courants correspondants sont faibles par suite de la valeur élevée des self-inductances des enroulements 82 et 83 pour ces fréquences élevées.

Par ailleurs, pour réduire le courant d'alimentation en phase B d'entretien de la vitesse, il faut modifier la durée des impulsions sans introduire d'harmoniques de rang faible.

Les diagrammes des figures 8-a, 8-b et 8-c montrent en fonction du temps, les formes d'ondes VD, VE et 35 VF en tensions qui sont obtenues respectivement aux points communs D, E et F des couples d'interrupteurs (73,74), (75,76) et (77,78). Ce sont des impulsions carrées qui sont déphasées de 90° l'une par rapport à l'autre. La tension qui est appliquée à l'enroulement 82 de phase principale résulte de la différence (VD-VE) (figure 8-d) tandis que la tension qui est appliquée à l'enroulement 83 de phase auxiliaire résulte de la différence (VE- 40 VF) (figure 8-e). La comparaison des diagrammes des figures 8-d et 8-e montre que les ondes appliquées aux enroulements 82 et 83 sont pseudosinusoidales et sont déphasées de 90° l'une par rapport à l'autre, ce qui est le but recherché.

Cependant, de telles formes d'ondes (VD-VE) et (VE-VF) conduisent à des harmoniques qu'il est nécessaire d'éliminer.

La décomposition en série de Fourier des ondes (VD-VE) et (VE-VF) des figures 8-d et 8-e montre que 45 leurs contenus harmoniques exprimés par les rapports en pourcentage des tensions efficaces des harmoniques et du fondamental sont les suivants :

50	Harmonique	3	(H 3)	33%	0%
	Harmonique	5	(H 5)	20%	20%
	Harmonique	7	(H 7)	14%	14%
	Harmonique	9	(H 9)	11%	0%
55	Harmonique	11	(H 11)	9%	9%
	Harmonique	13	(H 13)	8%	8%

La dernière colonne de droite donne les contenus harmoniques dans le cas des formes d'ondes (VA-VB),

(VB-VC) et (VC-VA) des figures 6-d, 6-e, et 6-f, alimentant un moteur triphasé.

Les courants harmoniques qui se superposent au courant fondamental utile sont pénalisants vis-à-vis de l'onduleur mais surtout vis-à-vis du moteur car ils diminuent le flux utile et provoquent un échauffement du moteur. Il est donc important de les éliminer.

5 Cependant, il est à remarquer que pour les harmoniques de rang élevé, par exemple supérieur à 13, les tensions correspondantes sont filtrées par les inductances des enroulements qui ont des valeurs élevées à ces fréquences de sorte que les courants correspondants sont faibles et ont un effet néfaste négligeable.

Par ailleurs, pendant la phase B d'entretien de la vitesse, le couple moteur ne doit compenser que le couple résistant de sorte que le moteur n'a besoin d'être alimenté qu'à tension réduite. Cette tension réduite est en général obtenue par un découpage des formes d'ondes VD, VE et VF à l'aide d'un signal ayant une fréquence supérieure à la fréquence fondamentale. Il en résulte alors une augmentation du contenu harmonique. Le document "IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-9, No. 3, May/June 1973, pages 310-317 ; H.S. PATEL et al: Generalized Techniques of Harmonics Elimination and Voltage Control in Thyristor Inverters Part I-Harmonics Elimination" propose de contrôler les harmoniques en déterminant les instants de commutation des interrupteurs 73 à 78 de manière à éliminer les harmoniques de rang faible. Cette détermination est effectuée par calcul à partir de la décomposition en série de Fourier des tensions VD, VE et VF qui seraient échantillonnées par une forme d'onde représentée par la figure 9. Cette forme d'onde d'échantillonnage a des caractéristiques particulières qui sont les suivantes :

- elle correspond à une fonction périodique impaire de période T et de valeur moyenne nulle;
- au cours d'une période T, elle est symétrique par rapport aux axes définis par les angles 90° et 270° et s'inverse par rapport aux axes définis par les angles 180° et 360°.

La décomposition en série de Fourier d'une fonction périodique de période T est donnée par la formule :

$$25 \quad f(\theta) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\theta + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\theta$$

30 avec  $\theta = \omega t$  et  $\omega = 2\pi/T$

Lorsque cette fonction périodique est impaire et de valeur moyenne nulle, sa décomposition en série de Fourier devient :

$$f(\theta) = \sum b_n \sin n\theta$$

et les coefficients  $b_n$  sont donnés par :

$$35 \quad b_n = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\theta) \sin n\theta \, d\theta$$

Si l'on considère que la figure 9-a représente la séquence de commande de l'interrupteur 74 de la figure 7, complémentaire de celle de l'interrupteur 73, alors la figure 9-b représente la tension prise au point D par rapport à un point fictif de potentiel E moitié de celui de la tension continue d'alimentation de valeur 2E.

45 Dans le cas de la forme d'onde de la figure 9-b, le fondamental  $b_1$  et les harmoniques  $b_n$  sont donnés par :

$$b_1 = \frac{4E}{\pi} \left( -\frac{1}{2} + \cos\theta_1 - \cos\theta_2 + \cos\theta_3 \right)$$

$$b_n = \frac{4E}{n\pi} \left( -\frac{1}{2} + \cos n\theta_1 - \cos n\theta_2 + \cos n\theta_3 \right)$$

50 n étant un nombre impair 3,5,7,9,....

Ces équations sont d'application générale en fonction du nombre d'angles  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \dots$ . La détermination de  $\theta_1, \theta_2$ , et  $\theta_3$  s'effectue en fonction :

- de la valeur du fondamental  $b_1$  souhaité,
- d'un critère de minimisation des harmoniques.

55 Ce critère peut être, par exemple, l'annulation des deux premiers harmoniques, soit  $b_3$  et  $b_5$  pour un moteur diphasé, et  $b_5$  et  $b_7$  pour un moteur triphasé.

Dans le cas d'un moteur diphasé, on résoud alors le système d'équationssuivant :

$$\frac{4E}{\pi} \left( -\frac{1}{2} + \cos \Theta_1 - \cos \Theta_2 + \cos \Theta_3 \right) = \text{Fundamental}$$

$$\frac{4E}{3\pi} \left( -\frac{1}{2} + \cos 3\Theta_1 - \cos 3\Theta_2 + \cos 3\Theta_3 \right) = 0$$

$$\frac{4E}{5\pi} \left( -\frac{1}{2} + \cos 5\Theta_1 - \cos 5\Theta_2 + \cos 5\Theta_3 \right) = 0$$

Le critère peut être différent, par exemple, tolérer un pourcentage d'harmonique spécifié pour chaque rang jusqu'à un certain rang. Il est clair que si l'on souhaite annuler trois coefficients  $b_n$ , il faudra choisir une forme d'onde d'échantillonnage présentant des instants de commutation aux angles  $\Theta'_1, \Theta'_2, \Theta'_3$  et  $\Theta'_4$  et calculer ces angles à l'aide d'un système de quatre équations tel que défini ci-dessus.

Le calcul des angles  $\Theta_1, \Theta_2$  et  $\Theta_3$  à l'aide du système d'équations défini ci-dessus est réalisé par un calculateur, par exemple par approximations successives. Les valeurs de  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ ... définissent donc la forme d'onde qui doit être obtenue au point D, par exemple de la figure 7. Les formes d'onde aux points E et F se déduisent de celle en D par un décalage de  $90^\circ$ . De manière pratique, les états des interrupteurs de l'onduleur sur une période avec les commutations aux angles  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$  ainsi déterminés et les déphasages nécessaires sont enregistrés dans une mémoire du circuit de commande 86 de la figure 7 et la lecture cyclique de cette mémoire permet de réaliser la commande des interrupteurs 73 à 78.

Selon l'invention la variation de vitesse peut être obtenue soit de manière continue par variation de la fréquence du signal de lecture, soit de manière discrète en calculant la programmation sur un nombre de pas correspondant à une fréquence fixée du signal de lecture et à la vitesse désirée.

L'invention qui vient d'être décrite permet donc de faire tourner à vitesse variable un moteur diphasé à l'aide d'un onduleur triphasé 70 avec élimination des harmoniques les plus gênants par un calcul des valeurs  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ ... En choisissant des valeurs de commutation différentes  $\Theta''_1, \Theta''_2, \Theta''_3$  qui sont déterminées de la même manière, le même onduleur 70 peut faire tourner un moteur triphasé avec élimination des harmoniques indésirables. Ces valeurs  $\Theta''_1, \Theta''_2, \Theta''_3$ ... sont enregistrées dans une autre mémoire du circuit 70 et leur lecture cyclique permet de réaliser une autre séquence de commutations des interrupteurs 73 à 78 en supposant que les points D, E et F sont connectés aux enroulements d'un moteur triphasé selon le schéma de la figure 5 pour les points A, B et C.

Le dispositif de commande des interrupteurs est de préférence du type décrit sur la figure 10. Dans celle-ci, un compteur C, périodiquement remis à zéro par une commande appliquée sur son entrée de remise à zéro RAZ envoie des signaux d'adresse, A0, A1... à une mémoire M. Cet envoi est effectué au rythme donné par une horloge H. Les valeurs des adresses s'incrémentent avec le compteur. La mémoire délivre, en réponse à ces adresses, des instructions DO, D1 à un circuit tampon L. Le circuit tampon L est également piloté par l'horloge H (par l'intermédiaire d'un inverseur). Le circuit tampon L est relié, à sa sortie, à un circuit A d'amplificateurs de commande des interrupteurs (déclenchement des gâchettes des thyristors). Un circuit de codage RM relatif au régime moteur permet de sélectionner une programmation adéquate de la mémoire M. pour obtenir la tension et la vitesse désirées et pour le type diphasé ou triphasé de moteur.

Le fonctionnement du circuit de la figure 10 est le suivant. Les instructions délivrées par la mémoire sont identiques entre elles pendant toutes les durées des périodes. Ces instructions changent donc de valeur aux instants  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ ...

Dans un exemple, la mémoire M a six sorties D0 à D5 (pour commander les six interrupteurs) qui peuvent prendre, en fonction de l'instruction, un état 0 (correspondant à l'ouverture d'un interrupteur) ou un état 1 (fermeture d'un interrupteur). De cette façon, on peut piloter, au rythme de l'horloge, les interrupteurs correspondant à une phase pour un régime choisi. En pratique, les mémoires disponibles ont huit sorties. De cette façon, on dispose d'une sortie supplémentaire, la 7e ou la 8e, pour commander la remise à zéro du compteur. Ceci se produit simplement quand le compteur délivre une adresse correspondant à la fin d'un cycle.

En ce qui concerne le freinage de l'anode, on rappelle qu'il suffit d'appliquer un courant continu sur l'enroulement principal. En pratique, on utilise aussi le circuit de commande de la figure 10 à cette fin. Dans ce cas, au moyen de la mémoire RM, on sélectionne dans la mémoire M une de ses pages, de telle façon que le circuit d'amplificateurs A commande l'onduleur comme un hacheur. Ceci signifie que, dans une ou plusieurs phases du moteur, on obtient un courant pseudo-continu et en tous cas toujours orienté dans le même sens. Le circuit de commande de la figure 10 peut donc judicieusement remplir aussi ce rôle.

## 55 Revendications

1. Dispositif de commande d'un moteur électrique diphasé (85) incluant un enroulement (82) de phase principale et un enroulement (84) de phase auxiliaire connectés en un point commun (84) et pourvus de deux

extrémités respectives, comprenant : un circuit onduleur (70) de type triphasé, formé de trois couples d'interrupteurs (73-78) dont les points communs (D, E, F) sont connectés respectivement aux deux extrémités et au point commun des deux enroulements du moteur et présentent trois formes d'onde déphasées de 90° l'une par rapport à l'autre ; et un circuit de commande (86) de l'ouverture et la fermeture des interrupteurs, où le circuit de commande comprend des moyens d'échantillonnage de la fréquence fondamentale des trois formes d'onde de manière que les instants de commutation ( $\Theta_1$ - $\Theta_n$ ) soient, dans chaque période, symétriques par rapport à la phase de 90° et inverses par rapport à la phase de 180° pour éliminer les composantes spectrales de rang pair et soient calculés, dans un quart de période, à l'aide d'une décomposition en série de Fourier pour éliminer tout ou partie de certaines composantes spectrales de rang impair et pour un nombre m de fréquences fondamentales, une mémoire (M) pour y enregistrer dans des parties distinctes les valeurs calculées des instants de commutation, et des moyens de lecture cyclique de la mémoire pour le calcul des instants de commutation, et en ce que la variation de vitesse est obtenue de manière continue par variation de la fréquence du signal de lecture.

2. Dispositif de commande d'un moteur électrique diphasé (85) incluant un enroulement (82) de phase principale et un enroulement (84) de phase auxiliaire connectés en un point commun (84) et pourvus de deux extrémités respectives, comprenant : un circuit onduleur (70) de type triphasé, formé de trois couples d'interrupteurs (73-78) dont les points communs (D, E, F) sont connectés respectivement aux deux extrémités et au point commun des deux enroulements du moteur et présentent trois formes d'onde déphasées de 90° l'une par rapport à l'autre ; et un circuit de commande (86) de l'ouverture et la fermeture des interrupteurs, où le circuit de commande comprend des moyens d'échantillonnage de la fréquence fondamentale des trois formes d'onde de manière que les instants de commutation ( $\Theta_1$ - $\Theta_n$ ) soient, dans chaque période, symétriques par rapport à la phase de 90° et inverses par rapport à la phase de 180° pour éliminer les composantes spectrales de rang pair et soient calculés, dans un quart de période, à l'aide d'une décomposition en série de Fourier pour éliminer tout ou partie de certaines composantes spectrales de rang impair et pour un nombre m de fréquences fondamentales, une mémoire (M) pour y enregistrer dans des parties distinctes les valeurs calculées des instants de commutation, et des moyens de lecture cyclique de la mémoire pour le calcul des instants de commutation, et en ce que la variation de vitesse est obtenue de manière discrète en calculant la programmation sur un nombre de pas correspondant à une fréquence fixée du signal de lecture et à la vitesse désirée.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le circuit de commande inclut en outre un circuit de codage (RM) relatif au régime moteur et permettant de sélectionner une programmation adéquate de la mémoire pour obtenir la tension et la vitesse désirées pour le moteur.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que les états des interrupteurs du circuit onduleur sur une période avec les instants de commutation et les déphasages nécessaires sont enregistrés dans la mémoire, et la lecture cyclique de cette mémoire permet de réaliser la commande des interrupteurs.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le circuit de commande est utilisé pour appliquer un courant continu sur l'enroulement principal du moteur pour le freinage du moteur.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le circuit de commande fournit un courant pseudo-continu et toujours orienté dans le même sens pour appliquer le courant continu sur l'enroulement principal du moteur.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le circuit de commande inclut un circuit d'amplificateurs (A) et le circuit de codage (RM) sélectionne dans la mémoire une de ses pages de telle façon que le circuit d'amplificateurs commande le circuit onduleur comme un hacheur.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le circuit de commande inclut un compteur (C) périodiquement remis à zéro et envoyant des signaux d'adresse (A0, A1, ...) à la mémoire au rythme donné par une horloge, les valeurs des adresses s'incrémentant avec le compteur et la mémoire délivrant en réponse à ces adresses des instructions (D0, D1, ...) au circuit d'amplificateurs au rythme de l'horloge.

55

## Patentansprüche

1. Steuervorrichtung für einen Zweiphasen Elektromotor (85) mit einer Hauptphasenwicklung (82) und einer

- Hilfsphasenwicklung (83), die an einem gemeinsamen Punkt (84) verbunden und mit zwei Enden versehen sind, die folgendes aufweist: eine Wechselrichterschaltung (70) des Dreiphasentyps, die aus drei Schalterpaaren (73-78) gebildet ist, deren gemeinsame Punkte (D, E, F) mit den beiden Enden bzw. dem gemeinsamen Punkt der beiden Wicklungen des Motors verbunden sind und drei um 90° zueinander phasenverschobene Kurvenformen aufweisen; sowie eine Steuerschaltung (86) für das Öffnen und Schließen der Schalter, wobei die Steuerschaltung Abtastmittel für die Grundfrequenz der drei Kurvenformen aufweist, so daß die Umschaltzeitpunkte ( $\theta_1 - \theta_n$ ) in jeder Periode bezüglich der 90°-Phase symmetrisch und bezüglich der 180°-Phase invers sind, um die Spektralanteile mit geradem Rang zu eliminieren, und in einer Viertelperiode mit Hilfe einer Fourierreihenzerlegung berechnet sind, um bestimmte Spektralanteile mit ungeradem Rang und für eine Anzahl  $m$  von Grundfrequenzen ganz oder teilweise zu eliminieren, einen Speicher (M) zum Speichern der berechneten Werte der Umschaltzeitpunkte in getrennten Teilen sowie Mittel zum zyklischen Lesen des Speichers für die Berechnung der Umschaltzeitpunkte, und wobei die Drehzahländerung kontinuierlich durch Änderung der Frequenz des Lesesignals erhalten wird.
- 5
- 10
- 15 **2.** Steuervorrichtung für einen Zweiphasenmotor (85) mit einer Hauptphasenwicklung (82) und einer Hilfsphasenwicklung (83), die an einem gemeinsamen Punkt (84) verbunden und mit zwei Enden versehen sind, die folgendes aufweist: eine Wechselrichterschaltung (70) des Dreiphasentyps, die aus drei Schalterpaaren (73-78) gebildet ist, deren gemeinsame Punkte (D, E, F) mit den beiden Enden bzw. dem gemeinsamen Punkt der beiden Wicklungen des Motors verbunden sind und drei um 90° zueinander phasenverschobene Kurvenformen aufweisen; sowie eine Steuerschaltung (86) für das Öffnen und Schließen der Schalter, wobei die Steuerschaltung Abtastmittel für die Grundfrequenz der drei Kurvenformen aufweist, so daß die Umschaltzeitpunkte ( $\theta_1 - \theta_n$ ) in jeder Periode bezüglich der 90°-Phase symmetrisch und bezüglich der 180°-Phase invers sind, um die Spektralanteile mit geradem Rang zu eliminieren, und in einer Viertelperiode mit Hilfe einer Fourierreihenzerlegung berechnet sind, um bestimmte Spektralanteile mit ungeradem Rang und für eine Anzahl  $m$  von Grundfrequenzen ganz oder teilweise zu eliminieren, einen Speicher (M) zum Speichern der berechneten Werte der Umschaltzeitpunkte in getrennten Teilen sowie Mittel zum zyklischen Lesen des Speichers für die Berechnung der Umschaltzeitpunkte, und wobei die Drehzahländerung diskret erhalten wird, indem die Programmierung in einer Anzahl von Schritten berechnet wird, die einer festen Frequenz des Lesesignals und der gewünschten Drehzahl entspricht.
- 20
- 25
- 30 **3.** Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung ferner eine Codierschaltung (RM) bezüglich des Betriebsbereichs des Motors aufweist, die die Auswahl einer geeigneten Programmierung des Speichers aufweist, um die für den Motor gewünschte Spannung und Drehzahl zu erhalten.
- 35 **4.** Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustände der Schalter der Wechselrichterschaltung über eine Periode mit den Umschaltzeitpunkten und den erforderlichen Phasenverschiebungen in dem Speicher aufgezeichnet sind, und daß die Steuerung der Schalter durch das zyklische Lesen dieses Speichers realisiert werden kann.
- 40 **5.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung zum Anlegen eines Gleichstroms an die Hauptwicklung des Motors zum Bremsen des Motors verwendet wird.
- 45 **6.** Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung einen Pseudogleichstrom liefert, der stets in der gleichen Richtung orientiert ist, um diesen Gleichstrom an die Hauptwicklung des Motors anzulegen.
- 7.** Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung eine Verstärkerschaltung (A) aufweist und die Codierschaltung (M) in dem Speicher eine seiner Seiten so auswählt, daß die Verstärkerschaltung die Wechselrichterschaltung wie einen Zerkhacker steuert.
- 50 **8.** Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung einen periodisch auf Null zurückgestellten Zähler (C) aufweist, der in dem von einem Taktgeber gegebenen Rhythmus Adressensignale (A0, A1, ...) zu dem Speicher schickt, wobei die Werte der Adressen mit dem Zähler inkrementiert werden und der Speicher in Reaktion auf diese Adressen im Rhythmus des Taktgebers Anweisungen (D0, D1, ...) an die Verstärkerschaltung liefert.
- 55

## Claims

- 5
1. A device for the control of a two phase electric motor (85) including a main phase winding (82) and an auxiliary phase winding (84) connected at a common point (84) and each provided with two respective ends, comprising: an inverter circuit (70) of the three phase type, constituted by three pairs of switches (73 - 78), whose common points (D, E, F) are connected respectively with the two ends and with the common point of the two windings of the motor and present three wave forms with a phase shift of  $90^\circ$  between them; and a control circuit (86) for the opening and the closing of the switches, wherein said control circuit comprises sampling means for the fundamental frequency of the three wave forms in such a manner that the instants ( $\Theta_1$ - $\Theta_n$ ) of switching are, in each cycle, symmetrical with respect to the  $90^\circ$  phase and inverse with respect to the  $180^\circ$  phase in order to eliminate the even rank spectral components and are calculated, in a quarter period, with the aid of a Fourier series analysis in order to eliminate partly or completely certain odd rank spectral components and for a number m of fundamental frequencies, a memory (M) to store, in certain distinct parts, the calculated values of the switching instants, and cyclic read means for the memory for the calculation of the switching instants, and in that the variation in speed is obtained in a continuous fashion by a variation of the frequency of the read signal.
- 10
- 15
2. A control device for a two phase electric motor (85) including a main phase winding (82) and an auxiliary phase winding (84) connected at a common point (84) and provided with respective two ends, comprising: an inverter circuit (70) of the three phase type, constituted by three pairs of switches (73 - 78), whose common points (D, E, F) are connected respectively with the two ends and with the common point of the two windings of the motor and presenting three wave forms with a phase shift of  $90^\circ$  between them; and a control circuit (86) for the opening and the closing of the switches, wherein said control circuit comprises sampling means for the fundamental frequency of the three wave forms in such a manner that the instants ( $\Theta_1$ - $\Theta_n$ ) of switching are, in each cycle, symmetrical with respect to the  $90^\circ$  phase and inverse with respect to the  $180^\circ$  phase in order to eliminate the even rank spectral components and are calculated, in a quarter period, with the aid of a Fourier series analysis in order to eliminate partly or completely certain odd rank spectral components and for a number m of fundamental frequencies, a memory (M) to store, in certain distinct parts, the calculated values of the switching instants, and cyclic read means for the calculation of the switching instants, and in that the variation in speed is obtained in a discrete fashion with a calculation of the program for a number of steps corresponding to a fixed signal frequency of the read signal and to the desired rate.
- 20
- 25
- 30
3. The device as claimed in claim 1 or claim 2, characterized in that the control circuit furthermore includes an encoding circuit (RM) relating to the motor range and making possible a selection of a suitable programming of the memory in order to obtain the desired voltage and speed for the motor.
- 35
4. The device as claimed in claim 3, characterized in that the states of the switches of the inverter circuit for a period with the instants of switching and the necessary phase shifts are stored in the memory, and the cyclic reading of this memory permits the performance of the control of the switches.
- 40
5. The device as claimed in any one of the claims 1 through 4, characterized in that the control circuit is utilized in order to apply DC to the main winding of the motor for braking the motor.
- 45
6. The device as claimed in claim 5, characterized in that the control circuit furnishes pseudo DC which is always orientated in the same direction in order to apply the DC to the main winding of the motor.
7. The device as claimed in claim 6, characterized in that the control circuit includes an amplifier circuit (A) and the encoding circuit (RM) selects one of its pages in the memory in such a manner that the amplifier circuit drives the inverter circuit as a chopper.
- 50
8. The device as claimed in claim 7, characterized in that the control circuit includes a counter (C) periodically reset to zero and supplying address signals ( $A_0, A_1, \dots$ ) to the memory with a rhythm set by a clock, the values of the addresses being incremented with the counter and the memory delivering, in reply to such addresses, instructions ( $D_0, D_1, \dots$ ) to the amplifier circuit with the rhythm set by the clock.
- 55

FIG. 1

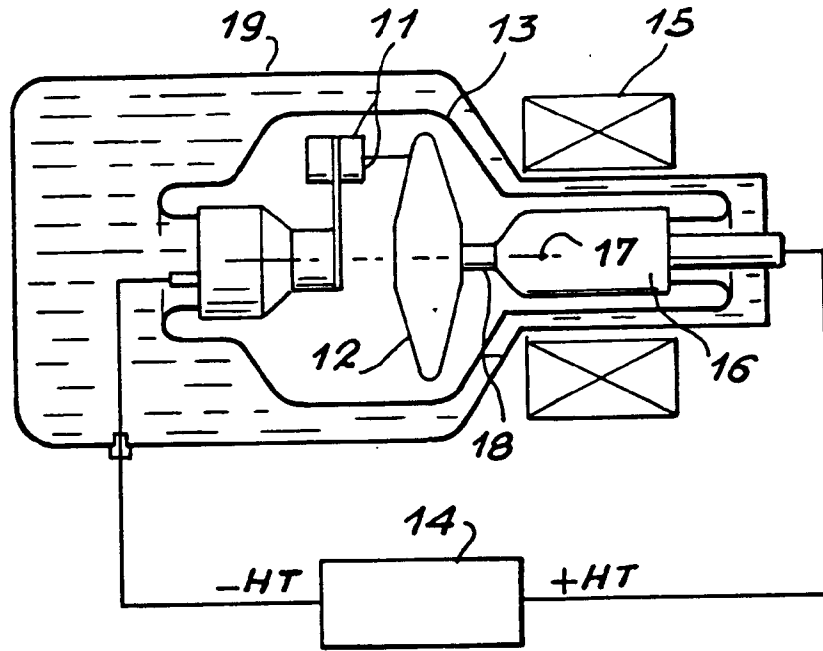
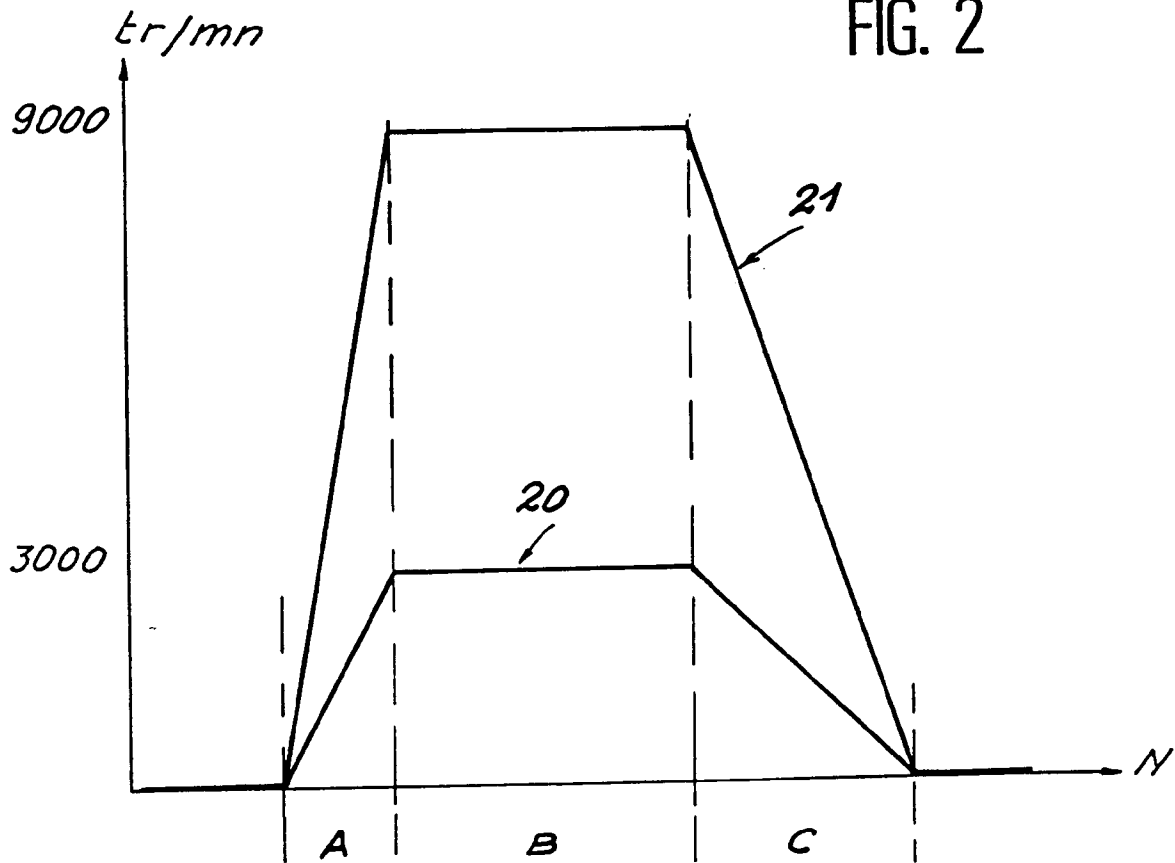
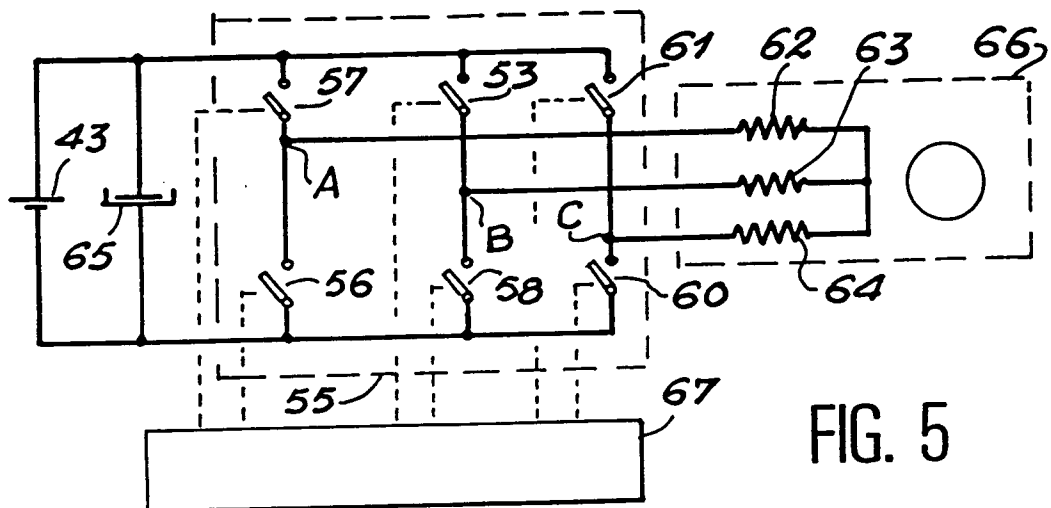
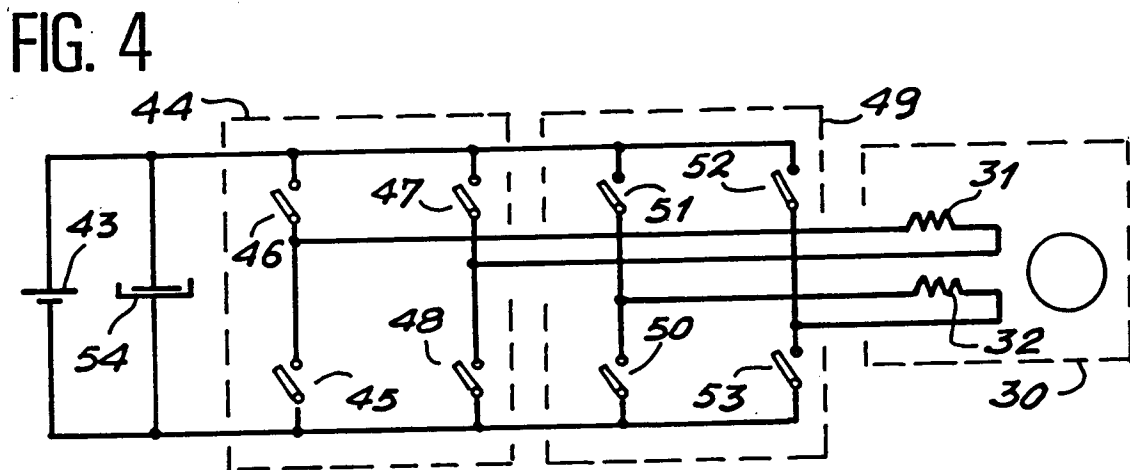
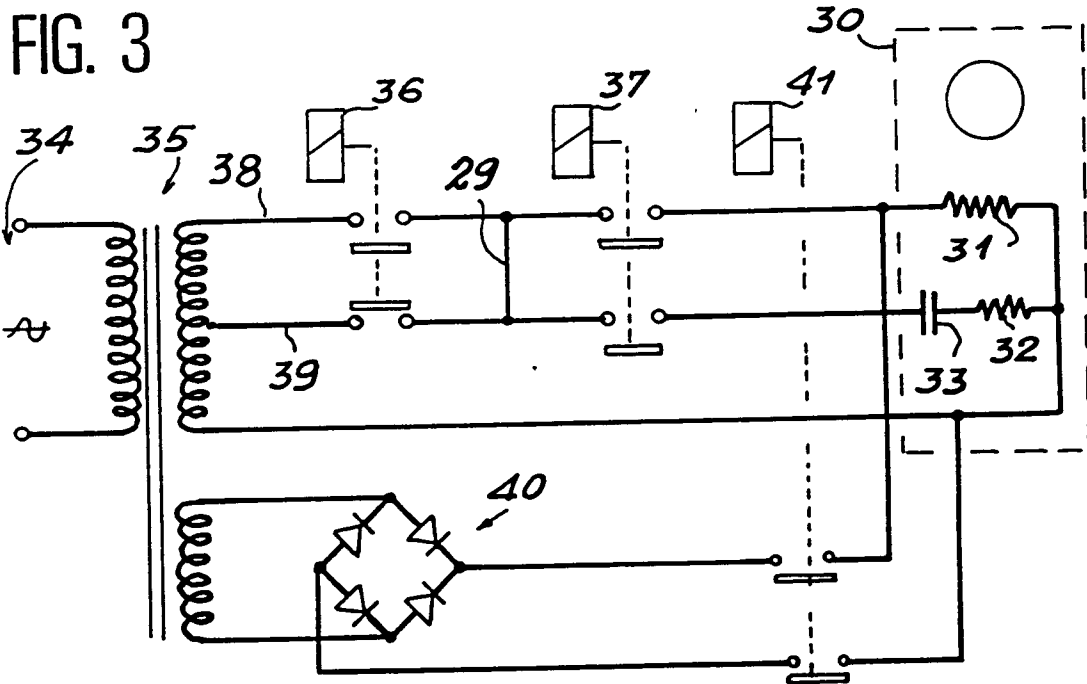
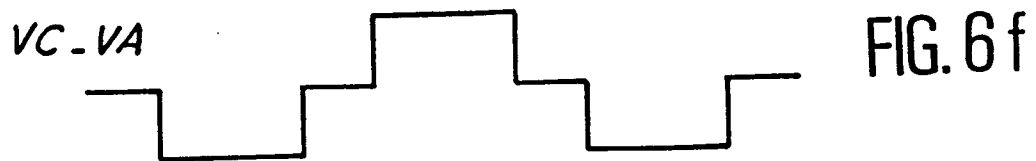
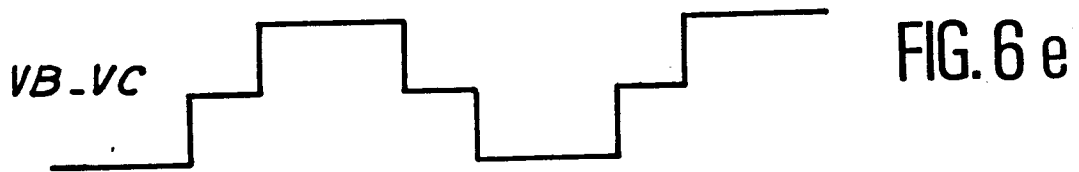
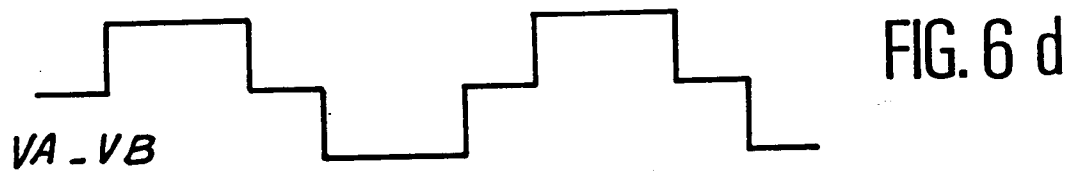
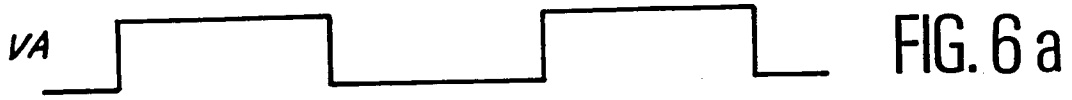
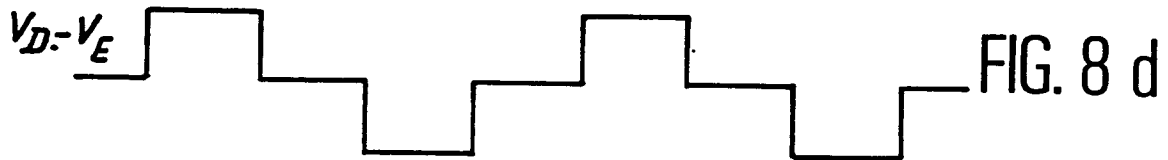
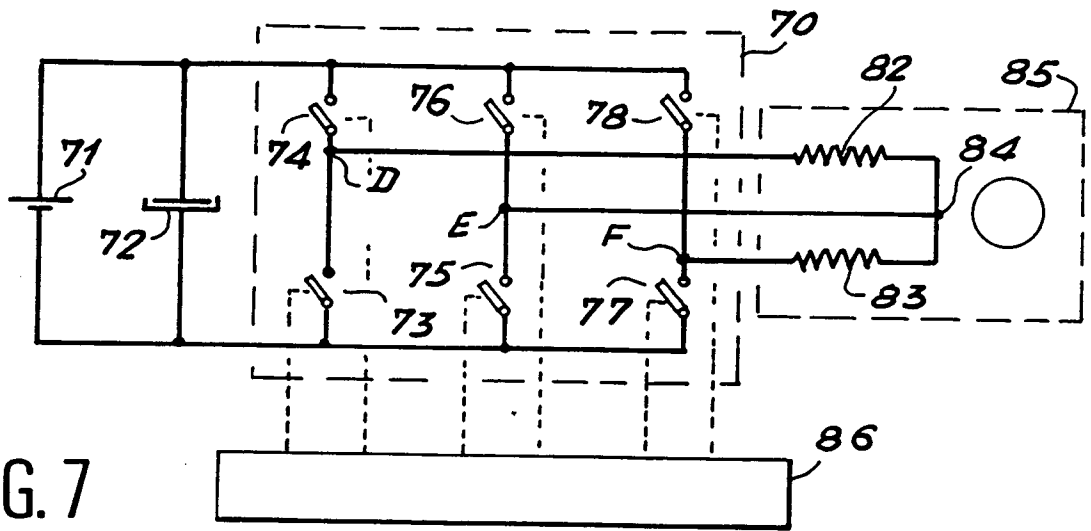


FIG. 2









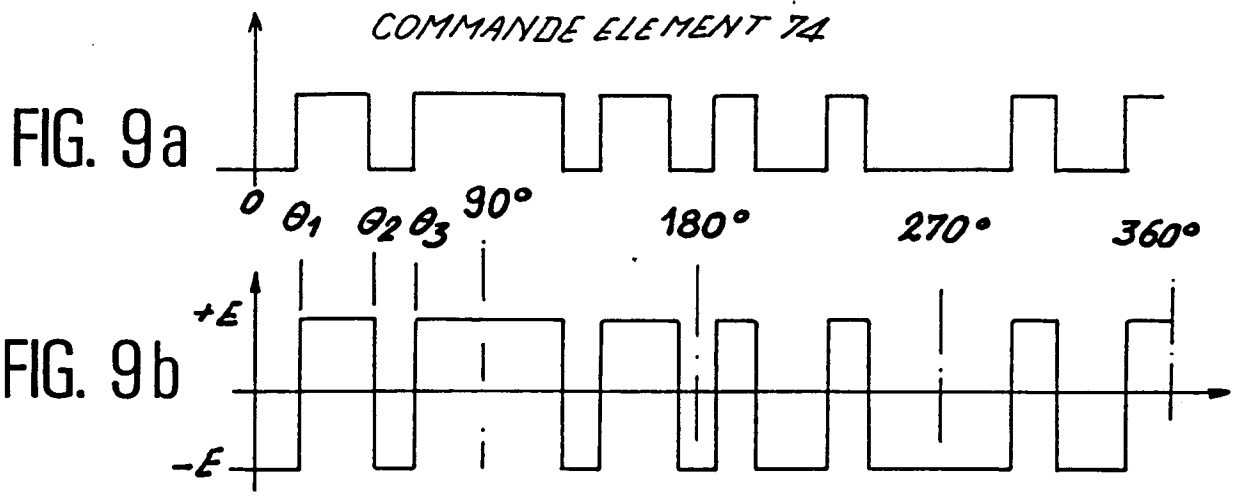


FIG. 10

