



r1

MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

N° 882.978

Classif. Internat.: H02K

Mis en lecture le: 27-10-1980

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention;

Vu le procès-verbal dressé le 25 avril 1980 à 15 h. 10
au greffe du Gouvernement provincial d'Anvers;

ARRÊTE :

Article 1. — *Il est délivré à* MM. Stefan KUPISIEWICZ et Jacques SCHOEBRECHTS,

resp. : 55, rue Bois d'Evegnée, 4634 Soumagne

et : 61, Chaussée de Wégimont, 4634 Soumagne,

repr. par Mr. M. Bockstael à Anvers;

un brevet d'invention pour: Machine électrique tournante,

Article 2. — *Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.*

Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention (mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 27 octobre 1980

PAR DÉLÉGATION SPÉCIALE:

Le Directeur

L. SALPETEUR

T. 30 - D

882978

MEMOIRE DESCRIPTIF
déposé à l'appui d'une demande de
BREVET BELGE

formulée par

Stefan KUPISIEWICZ et Jacques SCHOEBRECHTS

pour

"Machine électrique tournante"

comme

BREVET D'INVENTION.



La présente invention concerne une machine électrique tournante, réalisable sous forme d'alternateur synchrone, de moteur synchrone, asynchrone ou de moteur asynchrone synchronisé.

Les machines de ce type, plus particulièrement celles de puissance relativement faible, sont en grande majorité équipées de collecteurs à bagues et balais malgré que ces derniers présentent de nombreux désavantages : usure, pertes de contact, étincelles, etc. La raison en est le coût des excitateurs ou d'autres techniques (aimants permanents, immobilisation de l'inducteur etc.), disproportionné par rapport à celui de la machine proprement dite. Ces solutions onéreuses sont donc réservées aux cas où elles sont impératives, par exemple pour des utilisations en atmosphère explosive ou particulièrement corrosive.

Pour illustrer ce qui précède, on peut signaler que tous les véhicules automobiles de grande série sont actuellement encore équipés d'alternateurs à bagues et balais, malgré les avantages considérables qu'apporterait la suppression de ces éléments.

Le but de l'invention est de fournir une solution particulièrement avantageuse au problème susdécrit.

A cet effet, une machine selon l'invention, du type comprenant une partie fixe et une partie mobile coaxiales, se caractérise substantiellement en ce que la partie fixe porte un premier et un deuxième enroulement et la partie mobile un troisième enroulement, les premier et deuxième enroulements ayant des pas polaires multiple pair ou sous-multiple pair l'un de l'autre et une inductance mutuelle nulle, le troisième enroulement étant unique et fermé sur lui-même, l'arrangement étant tel que le premier enroulement puisse générer un champ inducteur induisant des courants dans le troisième enroulement, ces derniers générant un

champ inducteur en rotation relative par rapport à la partie mobile, de même pas polaire que le deuxième enroulement et interagissant magnétiquement avec ce dernier.

Comme il apparaîtra plus clairement de la description ci-après, ces dispositions, en permettant de développer dans un même circuit magnétique des fonctions différentes, permettent e.a. également de réduire par rapport à l'état de la technique les exigences en fer et en cuivre et de réaliser la partie mobile selon une technique similaire à celle d'un rotor asynchrone à cage.

Pour plus de clarté, l'invention est décrite plus en détail ci-après avec référence aux dessins annexés, dans lesquels :

la figure 1 représente schématiquement une machine selon l'invention;

la figure 2 est une coupe selon la ligne II-II de la figure 1; et

les figures 3 à 6 expliquent la réalisation du rotor d'une machine selon l'invention.

La machine représentée aux figures 1 et 2 est un alternateur synchrone, comportant une partie fixe ou stator 1 et une partie mobile ou rotor 2 concentriques, réalisées en tôles magnétiques feuilletées. Dans cet exemple, le stator 1 comporte douze encoches et le rotor neuf.

Le stator 1 porte un premier enroulement 3 constitué de six bobines, de pas polaire τ ainsi qu'un deuxième enroulement diphasé 4, constitué de deux fois trois bobines, de pas polaire $\tau' = 2\tau$.

L'inductance mutuelle entre les enroulements 3 et 4 est nulle.

Le rotor 2 porte neuf barres 5.

Pour le fonctionnement en alternateur, un courant continu



d'excitation est injecté dans le premier enroulement 3, tandis que le rotor 2 est entraîné avec une vitesse η (t/sec).

Le courant d'excitation crée un flux fixe ϕ_1 de pas polaire τ par rapport au stator et ce flux induit dans les barres 5 des courants de fréquence $f_1 = p_1 \cdot \eta$, $2p_1$ étant le nombre de pôles ainsi formés (douze, dans cet exemple).

De par une disposition judicieuse et particulière des barres rotoriques 5, ces courants de fréquence f_1 engendrent :

1.- une force magnétomotrice F_{mm_1} de pas polaire τ , tournant dans le sens inverse du rotor 2 et ayant pour action de réduire considérablement le flux ϕ_1 comme dans le cas d'un alternateur en court-circuit;

2.- une force magnétomotrice F_{mm_2} tournant dans le même sens que le rotor 2 et, dans cet exemple, de pas polaire $\tau' = 2\tau$, avec un nombre de paires de pôles $p_2 = \frac{p_1}{2}$.

La vitesse de rotation relative de F_{mm_2} par rapport au rotor 2 est $\eta_r = \frac{f_1}{p_2}$.

Cette F_{mm_2} rencontre l'enroulement 4 du stator 1 à une vitesse égale à

$$\eta_2 = \eta + \eta_r = (1 + \frac{p_1}{p_2}) \eta.$$

Dans cet exemple, η_2 vaut donc 3η .

La vitesse linéaire de cette F_{mm_2} est donc très élevée et, en raison du faible nombre d'encoches rotoriques et des surfaces de denture importantes, la valeur du flux ϕ_2 engendré par ladite F_{mm_2} est également très élevée car l'induction dans l'entrefer peut aisément atteindre des valeurs de l'ordre de 1,1T. En outre, le pas polaire est doublé.

La fréquence des fem engendrées dans l'enroulement 4 est égale à $f_2 = (p_1 + p_2) \eta$.

Les caractéristiques susdécrites conduisent à un enroulement 4 dans lequel le nombre de spires nécessaires pour induire une fem donnée est réduit dans un rapport d'environ

4 à 1 par rapport à l'état de la technique. De même, les réactions d'induit sont réduites dans un même rapport, ce qui se répercute favorablement sur l'enroulement 3.

On remarquera également que l'extrême simplicité du rotor conduit à une machine dont les vitesses de rotation limites peuvent être extrêmement élevées. Cet aspect concourt également à la réalisation d'une machine de puissance massique très élevée.

Il a été dit ci-avant que les barres rotoriques 5 devaient être judicieusement disposées. Ceci est expliqué ci-dessous avec références aux figures 3 à 6.

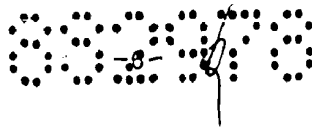
Soient un stator inducteur créant un flux ϕ_1 , schématisé par quelques pôles de pas polaire τ (fig. 3-I) et un rotor triphasé à une encoche par pôle et par phase dont le bobinage monospire est représenté par e_1-s_1 , e_2-s_2 , e_3-s_3 (fig. 3-III). Ce bobinage est le siège de fem triphasées de fréquence $f_1 = \frac{v}{2\tau}$, v étant la vitesse linéaire du rotor par rapport au stator.

La sortie de ce bobinage $e-s$ est raccordée à un second bobinage monospire, non-diamétral, représenté par E_1-S_1 , E_2-S_2 , E_3-S_3 et de pas polaire $\tau' = 2\tau$. La disposition de ce second bobinage est telle qu'il est traversé par les courants induits dans le bobinage $e-s$, il est le siège d'une fmm se déplaçant dans le même sens que le rotor, avec une vitesse relative $v\tau = 2\tau'f$.

La vitesse totale de cette fmm par rapport au stator est égale à $v + v\tau = 2\tau f + 2\tau'f$ et, puisque dans le cas considéré $\tau' = 2\tau$,

$$v + v\tau = 2\tau f + 4\tau f = 6\tau f = 3v.$$

On peut remarquer sur la figure 3 (III) que l'inductance mutuelle entre e et E est nulle et que certaines encoches sont traversées par des courants de mêmes phase et amplitude

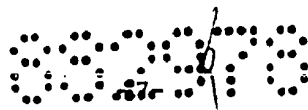


mais de sens opposé. Le bobinage peut donc se réduire, au niveau des parties actives, à la configuration montrée en (IV) à la figure 3, dans laquelle certaines encoches ont pu être éliminées avec leurs conducteurs. Comme enfin le trajet de retour des conducteurs est indifférent, l'enroulement se réduit à celui indiqué en (V) à la figure 3, dans lequel les deux bobinages de départ sont confondus. Cette disposition offre de nombreux avantages :

- simplification du bobinage rotorique;
- réduction de la quantité de cuivre ou d'aluminium à utiliser;
- augmentation considérable du flux qu'il est possible de canaliser;
- forte réduction des réactances rotoriques;
- bobinage réduit à quelques barres, confiné dans un même circuit magnétique.

La Fmm magnétomotrice ainsi engendrée dans les barres rotoriques par la variation du flux ϕ_1 comporte en réalité une composante de pas polaire τ se déplaçant avec une vitesse $(-v)$ et qui a pour effet de démagnétiser le flux ϕ_1 qui l'a engendré, mais cette Fmm comporte également une composante de pas polaire $\tau' = 2\tau$ se déplaçant dans le même sens que le rotor avec une vitesse relative égale à $v_r = 2v$, si bien que le stator voit passer une onde de Fmm de pas polaire $\tau' = 2\tau$ se déplaçant avec une vitesse $3v$.

Cette Fmm de pas polaire $\tau' = 2\tau$ crée une induction et par conséquent un ϕ_2 rencontrant un bobinage de pas polaire τ' lequel sera le siège des fem de sortie de l'alternateur. Ce même flux, vu la configuration des bobinages (pas polaire de multiple pairs), n'engendrera pas de fem dans le bobinage d'excitation (ou plus exactement la somme totale de fem est nulle).



Afin d'étendre ce qui précède, on peut considérer un rotor comportant deux barres disposées suivant la figure 4 et donc espacées entre elles d'un angle 2α , ce rotor étant animé d'une vitesse $v(2\tau f)$ positive vers la droite de la figure 4 et traversé par un flux sinusoïdal de pas polaire τ .

Ces barres seront le siège de fem alternative et par conséquent seront traversées par un courant de la forme $i = I \max. \sin \omega t$.

La force magnétomotrice résultant de ce courant aura la forme suivante :

$$F_{mm} = i \left[\frac{\alpha}{\pi} - \frac{2}{\pi} \left(\sin \alpha \cos \frac{\pi x}{\tau} - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \cos \frac{2\pi x}{\tau} \right) + \frac{1}{3} \sin 3\alpha \sin \frac{3\pi x}{\tau} - \frac{1}{4} \sin 4\alpha \sin \frac{4\pi x}{\tau} + \dots \right]$$

La composante continue disparaît, ce qui donne

$$F_{mm} = - \frac{2i}{\pi} \left(\sin \alpha \cos \frac{\pi x}{\tau} - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \cos \frac{2\pi x}{\tau} + \frac{1}{3} \sin 3\alpha \cos \frac{3\pi x}{\tau} - \dots \right)$$

Soient à présent trois jeux de barres décalées spécialement de 120° tels que représentés sur la figure 5, ces trois jeux de barres seront parcourus par des courants de la forme

$$i_1 = I \max. \sin \omega t$$

$$i_2 = I \max. \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$i_3 = I \max. \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

On obtient également :

$$F_{mm_1} = - \frac{2i_1}{\pi} \left(\sin \alpha \cos \frac{\pi x}{\tau} - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \cos \frac{2\pi x}{\tau} + \frac{1}{3} \sin 3\alpha \cos \frac{3\pi x}{\tau} - \frac{1}{4} \dots \right)$$

$$F_{mm_2} = - \frac{2i_2}{\pi} \left(\sin \alpha \cos \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \cos 2 \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{3} \sin 3\alpha \cos 3 \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{4} \dots \right)$$

$$F_{mm_3} = - \frac{2i_3}{\pi} \left(\sin \alpha \cos \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{4\pi}{3} \right) - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \cos 2 \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{4\pi}{3} \right) + \frac{1}{3} \sin 3\alpha \cos 3 \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{4\pi}{3} \right) - \frac{1}{4} \dots \right)$$

a) En additionnant les trois composantes de F_{mm} de pas polaire

τ , on obtient :

$$F_{mm} = - I \max. \frac{2}{\pi} \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t \cdot \cos \frac{\pi x}{\tau}$$



$$= I \max. \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \sin \alpha \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \cos \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$- I \max. \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \sin \alpha \cdot \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \cos \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{4\pi}{3} \right)$$

$$F_{mm} = -\frac{3}{\pi} I \max. \cdot \sin \alpha \cdot \cos \left(\omega t - \frac{\pi x}{\tau} \right)$$

ce qui correspond à une F_{mm} se déplaçant à une vitesse relative $\vec{v} (-2 \tau f)$, cette F_{mm} sera donc en phase avec le flux sinusoidal ϕ_1 .

L'amplitude de cette onde est égale à $\frac{3}{\pi} I \max. \cdot \sin \alpha$, elle aura une action démagnétisante semblable à celle rencontrée dans les alternateurs en court-circuit.

b) En additionnant les trois composantes de F_{mm} de pas polaire

$\tau/2$, on obtient :

$$\begin{aligned} F_{mm}(\tau/2) &= I \max. \cdot \sin 2\alpha \cdot \sin \omega t \cos \frac{2\pi x}{\tau} \\ &+ I \max. \cdot \sin 2\alpha \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \cos 2 \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{2\pi}{3} \right) \\ &+ I \max. \cdot \sin 2\alpha \cdot \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \cos 2 \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned}$$

On obtient alors :

$$F_{mm}(\tau/2) = 3 \frac{I \max.}{2} \cdot \sin 2\alpha \cos \left(\omega t + \frac{2\pi x}{\tau} \right)$$

ce qui correspond à une F_{mm} se déplaçant avec une vitesse relative $\frac{\vec{v}}{2} (\tau f)$ dans le même sens que le rotor.

Elle rencontrera donc le stator avec une vitesse $V = \frac{3v}{2}$

Son amplitude sera égale à $3 \frac{I \max.}{2\pi} \cdot \sin 2\alpha$

Elle n'aura pas le même caractère démagnétisant sur le flux ϕ_1 , mais pourra à son tour créer une induction et par conséquent un flux ϕ_2 de pas polaire $\tau/2$ qui, à son tour, rencontrera au stator un bobinage polyphasé de pas polaire $\tau/2$, lequel sera le siège des fem de sortie dont la fréquence sera égale à trois fois la fréquence des courants rotoriques.

On aurait pu, en conservant la même disposition des barres rotoriques, considérer que le rotor soit animé d'une vitesse v vers la droite, et que le rotor soit traversé par un flux de

002370

pas polaire $\tau/2$.

Le même raisonnement aboutirait à l'obtention

1° d'une Fmm de pas polaire $\tau/2$ se déplaçant dans le sens inverse du rotor (en phase avec le flux de pas polaire $\tau/2$) et dont l'amplitude serait égale à

$$\frac{3}{2} \frac{I_{\max.}}{\pi} \cdot \sin 2\alpha, \text{ et}$$

2° d'une Fmm de pas polaire τ se déplaçant dans le même sens que le rotor avec une vitesse relative égale à $2v$, la vitesse relative par rapport au stator serait dans ce cas égale à $3v$, et l'amplitude égale à

$$\frac{3}{\pi} I_{\max.} \sin \alpha$$

Tout comme dans le cas précédent, cette onde de Fmm créera une induction, par conséquent un flux traversant l'entrefer le-quel rencontrera alors un bobinage polyphasé de pas polaire τ disposé dans le stator et lequel sera alors le siège de fem de sortie de fréquence égale à une fois et demi la fréquence des courants rotoriques.

Cette disposition a été utilisée pour l'exemple pratique décrit dans le figure 3.

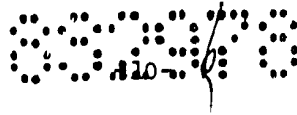
On pourrait, de la même manière qu'en a) et b) additionner les composantes de Fmm de pas polaire $\tau/3$; on obtient pour cette Fmm une amplitude égale à 0, ceci est particulièrement évident lorsque 2α est choisi égal à 120° .

Lorsque 2α est choisi égal à 120° , le système se réduit alors à la figure 6.

Le courant traversant chaque barre (i_b) est alors égal à la somme vectorielle des courants triphasés correspondants

$$\vec{i}_{b_1} = \vec{i}_1 + \vec{i}_2; \vec{i}_{b_2} = i_2 + i_3 \text{ etc...}$$

$$i_b = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2 \cdot i = i\sqrt{3}.$$



Ce cas est particulièrement intéressant car le rotor est alors exécuté de manière très symétrique tel qu'un rotor de moteur asynchrone à cage.

Les considérations théoriques précédentes, nécessairement brèves, ont eu pour but de montrer qu'il était possible, conformément à l'invention, de réaliser une machine électrique tournante développant, dans un même circuit magnétique, deux fonctions différentes.

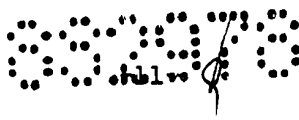
Si l'accent a été plus particulièrement mis ci-avant sur la version alternateur de la machine selon l'invention, ceci ne constitue en aucune manière une limitation.

En effet, on peut prévoir, en vue de réaliser un moteur synchrone, de relier ledit premier enroulement à une source de courant polyphasé et le deuxième enroulement à une source de courant continu.

De même, pour obtenir un moteur asynchrone (hyposynchrone ou hypersynchrone), ledit premier enroulement est relié à une source de courants polyphasés et le deuxième enroulement est relié de manière classique à des éléments généralement passifs.

On peut en outre réaliser un moteur asynchrone synchronisé en prévoyant un commutateur sur l'alimentation du deuxième enroulement, de manière à assurer le démarrage de la machine, puis son alimentation en courant continu assurant sa synchronisation.

Il est évident que l'invention n'est pas limitée aux exemples susdécrits car de très nombreuses variantes d'exécution sont possibles en jouant sur l'angle 2α , le décalage entre les jeux de barres rotoriques, le choix du pas polaire pour l'excitation la forme du bobinage d'excitation qui pourrait être réalisé en une seule bobine, le nombre total de paires de pôles, la vitesse, le choix du type d'enroulement polyphasé, la fixation éventuelle du rotor et l'utilisation d'une culasse à barre, l'énumération précédente n'étant pas limitative.



REVENDEICATIONS

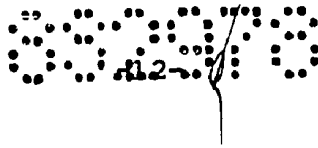
1.- Machine électrique tournante, du type comprenant une partie fixe et une partie mobile coaxiales, caractérisée en ce que la partie fixe porte un premier et un deuxième enroulement et la partie mobile un troisième enroulement, les premier et deuxième enroulements ayant des pas polaires multiple pair ou sous-multiple pair l'un de l'autre et une inductance mutuelle nulle, le troisième enroulement étant unique et fermé sur lui-même, l'arrangement étant tel que le premier enroulement puisse générer un champ inducteur induisant des courants dans le troisième enroulement, ces derniers générant un champ inducteur en rotation relative par rapport à la partie mobile, de même pas polaire que le deuxième enroulement et interagissant magnétiquement avec ce dernier.

2.- Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit troisième enroulement unique résulte de la combinaison de deux enroulements de pas polaires multiple pair ou sous-multiple pair l'un de l'autre.

3.- Machine selon la revendication 2, caractérisée en ce que ledit troisième enroulement est réalisé selon une technique similaire à celle d'un rotor asynchrone à cage.

4.- Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que, destinée à fonctionner comme alternateur synchrone, son premier enroulement est relié à une source de courant continu, le second enroulement étant le siège de forces électromotrices de sortie.

5.- Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que, destinée à fonctionner comme moteur synchrone, son premier enroulement est relié à une source de courant polyphasé tandis que son second enroulement est relié à une source de courant continu et constitue l'inducteur de



synchronisation du moteur.

6.- Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que, destinée à fonctionner comme moteur asynchrone, son premier enroulement est relié à une source de courant polyphasé, son second enroulement constituant l'organe secondaire induit du moteur.

7.- Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que, destinée à fonctionner comme moteur asynchrone synchronisé, son premier enroulement est relié à une source de courant polyphasé, un commutateur étant prévu afin de faire fonctionner le deuxième enroulement, dans un premier temps, comme organe secondaire induit assurant le démarrage du moteur et, dans un deuxième temps, pour l'alimenter en courant continu afin d'assurer la synchronisation du moteur.

8.- Machine électrique tournante, substantiellement telle que décrite précédemment et illustrée aux dessins annexés.

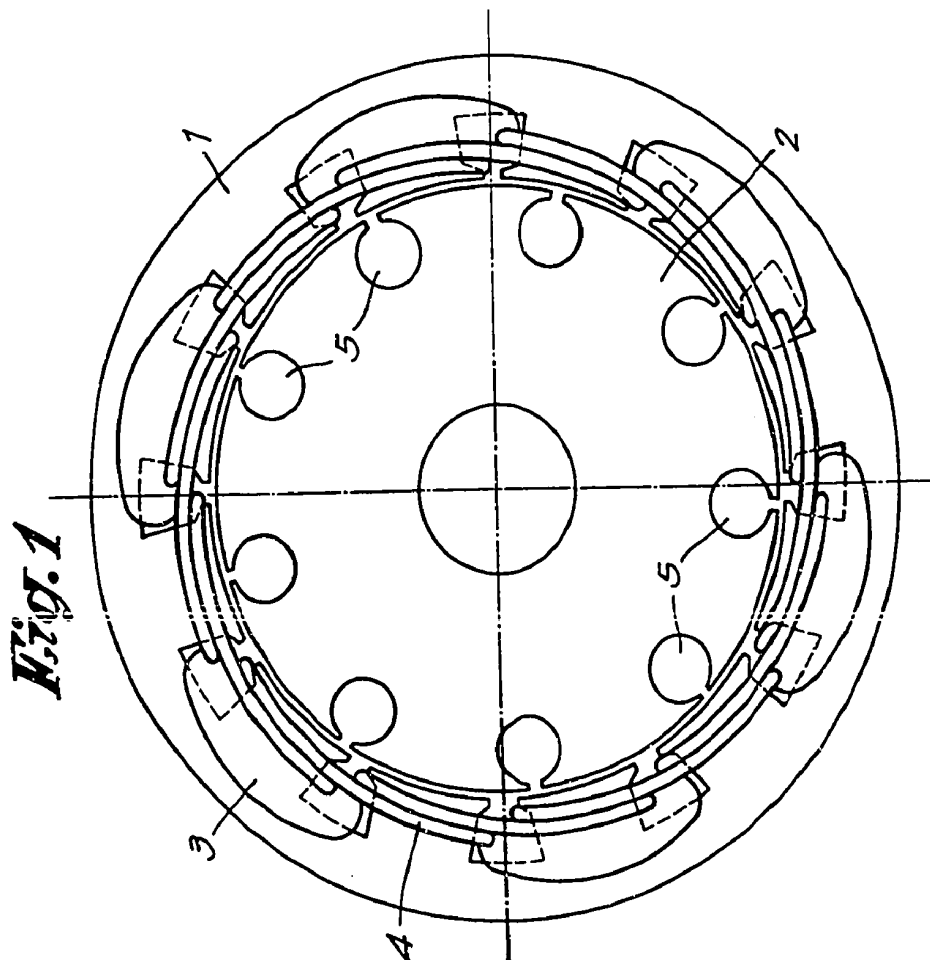
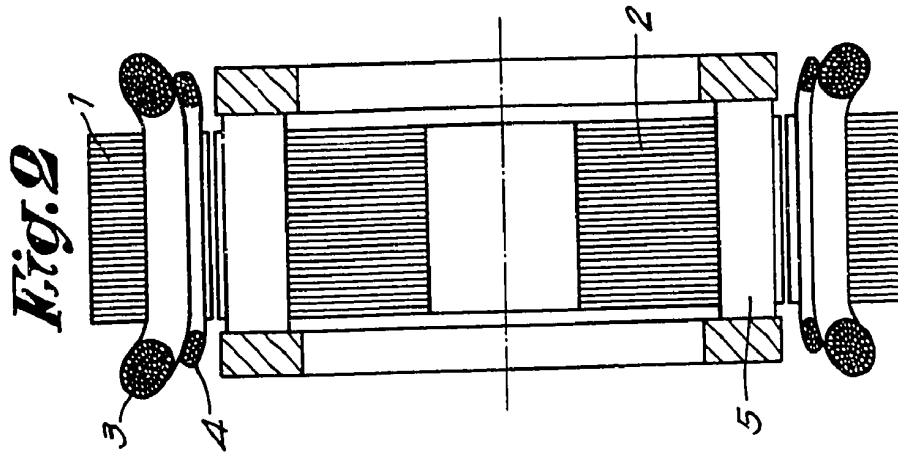
p.pon de : Stefan KUPISIEWICZ et Jacques SCHOEGBRECHTS
Anvers le 25 avril 1980.

p.pon de : Bureau des Brevets et des
Marques M.F.J. Bockstael.

880978

PL. 1.3

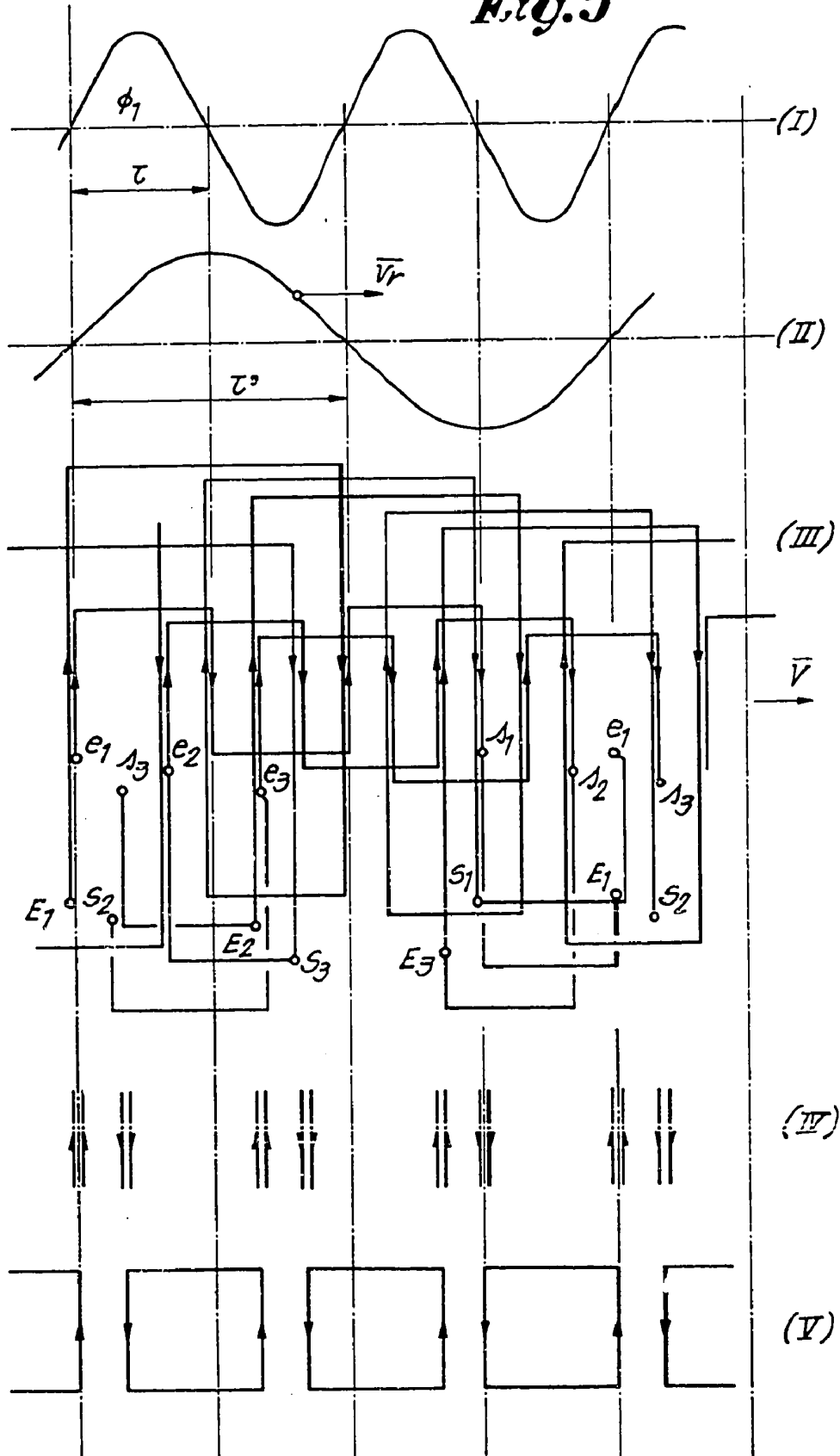
Stefan KUPISIEWICZ et Jacques SCHOEBRECHTS



82978

Stefan KUPISIEWICZ et Jacques SCHOECHRECHTS

Fig.3



802978

Stefan KUPISIEWICZ et Jacques SCHOEBRECHTS

