

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

①① N° de publication :

**2.109.144**

(À utiliser que pour  
le classement et les  
commandes de reproduction.)

②① N° d'enregistrement national

**70.35824**

(À utiliser pour les paiements d'annuités  
les demandes de copies officielles et toutes  
autres correspondances avec l'I.N.P.I.)

# ①⑤ BREVET D'INVENTION

PREMIÈRE ET UNIQUE  
PUBLICATION

②② Date de dépôt ..... 5 octobre 1970, à 14 h 2 mn.  
Date de la décision de délivrance..... 2 mai 1972.  
Publication de la délivrance..... B.O.P.I. — «Listes» n. 21 du 26-5-1972.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.) H 02 k 23/00.

⑦① Déposant : JARRET Jean et JARRET Jacques, résidant en France.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet René Martinet.

⑤④ Moteur électrique à reluctance variable et vitesse variable.

⑦② Invention de :

③③ ③② ③① Priorité conventionnelle :

La présente invention part d'une machine électrique à réluc-  
tance variable fonctionnant en moteur à vitesse variable, compor-  
tant essentiellement un rotor à dents de pas uniforme, un stator  
annulaire où des plots magnétiques sont pourvus de bobinages dis-  
5 posés par groupes de deux paires et alimentés sélectivement par une  
source de tension continue, enfin un dispositif de commutation de  
l'alimentation par paires desdits bobinages du stator, sous la  
dépendance d'un calculateur travaillant en fonction notamment de la  
position angulaire instantanée du rotor et de l'ordre instantané de  
10 couple donc de courant, le tout de façon qu'à intensité de courant  
donnée la force contre-électromotrice et le couple fourni soient  
constants. Une telle machine est décrite par exemple par le brevet  
français 1 445 572 du 19 Mai 1965.

Jusqu'à ce jour, on réalisait habituellement de telles machines  
15 en constituant le stator par deux couronnes de plots symétriques par  
rapport à un plan médian perpendiculaire à l'arbre de la machine,  
chaque couronne comportant quatre plots pour chaque dent. Cette  
disposition impose une limitation du nombre des dents à un maximum  
de l'ordre de dix à douze et entraîne l'emploi d'un grand nombre de  
20 bobines : en principe un minimum de quatre bobines par dent. Si  
l'on appelle  $N$  la vitesse moyenne de rotation du moteur en tours/se-  
conde et  $n$  le nombre de dents du rotor, la fréquence des commuta-  
tions à réaliser par le dispositif généralement électronique préposé  
à cet effet est de  $4Nn$ .

25 Un moteur à faible vitesse de rotation est intéressant par  
exemple pour la propulsion d'un véhicule terrestre par entraînement  
direct des roues motrices sans démultiplication ou encore pour celle  
d'un navire de surface ou sous-marin où l'entraînement des hélices  
doit se faire à vitesse relativement réduite pour que le rendement  
30 soit convenable. Dans le cas d'un tel moteur à faible vitesse de  
rotation, on est conduit, pour bénéficier au mieux des possibilités  
du dispositif électronique de commutation, à augmenter le nombre des  
dents du rotor. Mais il en résulte un accroissement notable de la  
complexité de construction ainsi que du poids de cuivre utilisé à  
35 la confection des bobines.

La présente invention a pour but de pallier ces difficultés en  
proposant une structure nouvelle de machine qui permette d'augmenter  
le nombre de dents du rotor sans augmenter proportionnellement le  
nombre des bobines, par un regrouperment convenable des plots dans  
40 les bobines.

BAD ORIGINAL

A cet effet suivant l'invention, une machine du type défini initialement se caractérise en ce que le stator comporte un nombre multiple (m) de quatre, égal ou supérieur à huit, de secteurs identiques comportant chacun des plots magnétiques uniformément répartis  
5 au pas des dents du rotor et un bobinage unique embrassant l'ensemble des plots du secteur, deux secteurs consécutifs étant écartés l'un de l'autre d'un intervalle tel que, de l'un à l'autre, les dents du rotor reculent d'un quart dudit pas ou d'un multiple (n) de ce quart de pas.

10 Il en résulte évidemment que le nombre de dents du rotor est égal au nombre total des plots des secteurs augmenté de n fois le quart du nombre des secteurs, alors que le nombre des bobines se réduit à celui des secteurs, ce qui montre bien que le résultat  
15 cherché est atteint. Si le nombre des secteurs est pris au moins égal à huit, c'est pour assurer un équilibre mécanique correct du rotor. Si les secteurs sont décalés l'un par rapport au suivant d'un quart de pas du rotor ou d'un multiple de ce quart de pas, c'est pour assurer, comme il est connu, la complémentarité des forces contre-électromotrices élémentaires et des forces mécaniques,  
20 ainsi que le montrera mieux la description.

Il est avantageux

- que la longueur périphérique de chaque plot soit prise inférieure, et celle de chaque créneau entre plots, supérieure à celle de chaque dent du rotor. On a ainsi la possibilité de disposer des temps  
25 morts (tension induite nulle dans la bobine intérieure) nécessaires aux commutations ;

- que chaque dent soit constituée comme il est connu par des lamelles ferromagnétiques plongées dans un milieu non magnétique et que, suivant l'invention, la densité de matériau ferromagnétique sur la  
30 longueur périphérique de chaque dent soit variable, pour être relativement forte en partie axiale de la dent et moindre dans les deux parties extrêmes encadrant la précédente. Dans ces conditions, en effet, le flux magnétique dans chaque plot varie avec le temps suivant une loi permettant la complémentarité des forces contre-élec-  
35 tromotrices élémentaires.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la Fig. 1 est une vue en coupe transversale suivant la ligne I-I  
40 de la Fig. II d'un moteur suivant l'invention ;

BAD ORIGINAL

- la Fig. 2 est une vue en coupe radiale suivant la ligne II-II de la Fig. I du même moteur ;
  - la Fig. 3 est un schéma du dispositif électronique de commutation des bobinages statoriques ;
  - 5 - la Fig. 4 est un graphe schématisant les plots du stator, d'une dent du rotor en différents instants d'une période et du programme des circulations de courant dans les bobinages statoriques ;
  - la Fig. 5 est un graphe des variations des forces contre-électromotrices élémentaires dans les différents bobinages.
- 10 Tel qu'il est représenté aux Figs. 1 et 2, un moteur à réluctance variable suivant l'invention présente un axe I-I de symétrie de révolution et un plan de symétrie III-III perpendiculaire audit axe. Ce moteur comporte un rotor 1 solidaire d'un arbre 11, lui-même monté sur des roulements 12, 13. Le rotor 1 est constitué par une
- 15 couronne feuilletée en tôle de fer au silicium à forte densité de fer et non saturable.

De la face périphérique cylindrique de cette couronne dépassent, dans l'entrefer compris entre stator et rotor, des dents telles que 101, de forme générale parallélépipédique. Ces dents supposées, dans

20 l'exemple représenté, être au nombre de cinquante, sont à pas constant égal à deux fois la longueur périphérique d'une dent; elles sont de densité variable, en ce sens qu'elles présentent une partie centrale de faible longueur où la densité du fer est relativement importante (par exemple 84 %) encadrée symétriquement par deux parties

25 extrêmes de densité beaucoup plus faible (par exemple 42 %), un tel rapport des densités pouvant être obtenu de la façon la plus simple, par recouvrement dans la partie centrale des tôles constituant respectivement les deux parties extrêmes; on sait que cette densité réduite des dents permet leur saturation lorsque le

30 champ magnétique créé dans l'entrefer est de valeur suffisante.

Le stator 2 est également composé d'une couronne feuilletée en tôle de fer au silicium à forte densité de fer et non saturable.

De la face d'intrados cylindrique de cette couronne dépassent, dans l'entrefer compris entre stator et rotor, des plots tels que

35 201, et de base rectangulaire. La distribution de ces plots est faite de façon à permettre à la machine de fonctionner suivant le principe connu rappelé initialement. A cet effet, le stator comporte dans l'exemple représenté huit secteurs identiques entre eux, I-VIII, comportant chacun six plots au même pas que les dents du

40 rotor; mais d'une part deux secteurs consécutifs sont écartés l'un

de l'autre d'un intervalle tel que, de l'un à l'autre, les dents du rotor reculent d'un quart de pas, ce qui permet bien dans l'exemple choisi de n'avoir que :

$$8 \times 6 = 48 \text{ plots pour } 50 \text{ dents}$$

5 d'autre part chaque secteur ne comporte qu'une seule et unique bobine qui embrasse l'ensemble des six plots de ce secteur. Bien entendu, la section de chaque bobine permet l'obtention du nombre d'ampères-tours nécessaires à l'établissement d'un champ magnétique convenable entre l'intrados des plots et la partie cylindrique du  
10 rotor.

Les bobines  $B_I$  à  $B_{VI}$  sont alimentées à partir d'une source  $S$  à tension continue et commutées comme on le verra plus loin par exemple au moyen de thyristors  $TH_1$  à  $TH_4$  suivant un montage dont le principe est illustré à la Fig. 3. Les gâchettes des thyristors  
15 sont connectées à un petit calculateur général (non représenté) travaillant lui-même en fonction de la position angulaire instantanée du rotor du moteur et de l'ordre instantané de l'opérateur pour la production par le moteur d'un couple plus ou moins élevé, exigeant un courant en première approximation proportionnel à ce  
20 couple.

La distribution du courant entre les bobines est illustrée par la Fig. 4 qui montre :

- en haut et à gauche comment les plots des différents secteurs statoriges I-VIII sont décalés (d'un quart de pas du rotor) l'un par  
25 rapport à l'autre ;
- en bas et à gauche une dent du rotor considérée dans son avance de l'instant  $t_0$  à l'instant  $t_8$ , instants équidistants dans un intervalle correspondant à la période (fréquence  $Nn$ ) de son mouvement par rapport au stator; on remarquera que la longueur périphérique de la  
30 dent est comprise entre celle d'un plot du stator et celle de l'intervalle normal compris entre deux plots ;
- en bas et à droite un graphe pris à la même échelle de temps et montrant au cours de ladite période les intervalles de conduction (trait plein), les intervalles de non conduction (trait pointillé)  
35 des bobines  $B_I$  à  $B_{VIII}$ , ainsi que les instants (qui sont en réalité de courts intervalles de temps) de commutation (croix).

Il est dès lors facile de voir par exemple :

- qu'à l'instant  $t_3$ , le courant circule dans les bobines  $B_I$ ,  $B_{II}$ ,  $B_V$ ,  $B_{VI}$ , à un moment où la partie la moins dense des dents pénètre  
40 dans les entrefers des secteurs correspondants et quitte les entre-

fers des secteurs III, IV, VII et VIII.

- qu'à l'instant  $t_4$ , le courant continue à parcourir les bobines  $B_{II}$ ,  $B_{VI}$  pendant qu'il s'interrompt progressivement dans les bobines  $B_{III}$ ,  $B_{VII}$ , à un moment où la partie la plus dense des dents pénètre dans les entrefers des segments II, VI et quitte les entrefers des secteurs IV, VIII.

Ce qui vient d'être dit concernant les instants  $t_3$ ,  $t_4$  peut être répété pour les instants suivants de la période considérée, sous réserve de simple permutation circulaire des indices.

10 Les forces contre-électromotrices développées dans les différentes bobines varient comme l'indique la Fig. 5.

Dans la mesure où, par une commutation appropriée, le courant est établi et maintenu constant dans les bobines entourant les secteurs dans les entrefers desquels pénètrent les dents, la somme des composantes tangentielles des forces magnéto-mécaniques appliquées au rotor est constante, comme le couple qui en résulte.

20 Dans ces conditions, le couple est sensiblement proportionnel à l'intensité du courant, quelle que soit la vitesse du rotor, pour autant que les plots du stator et la partie cylindrique du rotor ne soient pas saturés.

Une telle machine constitue un moteur à vitesse réglable dont le couple est remarquablement élevé eu égard au poids de la machine et plus particulièrement au poids des conducteurs des bobines. Ainsi un moteur de 14 kg peut délivrer un couple de démarrage de 45 mètres-  
25 newtons, la dissipation d'énergie au même instant ne dépassant pas 700 watts.

Bien entendu, dans le cas d'un moteur relativement puissant, il est utile qu'il dispose en outre d'une bobine d'excitation, montée dans le stator, coaxialement à l'arbre.

ENCLOSURE

RE V E N D I C A T I O N S

1 - Machine électrique à réluctance variable fonctionnant en  
moteur à vitesse variable, comportant essentiellement un rotor à  
dents de pas uniforme, un stator annulaire où des plots magnétiques  
sont pourvus de bobinages disposés par groupes de deux paires, et  
5 alimentés sélectivement par une source de tension continue, enfin  
un dispositif de commutation de l'alimentation par paires desdits  
bobinages du stator, sous la dépendance d'un calculateur travail-  
lant en fonction notamment de la position angulaire instantanée du  
rotor et de l'ordre instantané de couple donc de courant, le tout  
10 de façon qu'à intensité de courant donnée la force contre-électro-  
motrice et le couple fourni soient constants, caractérisée en ce  
que le stator comporte un nombre multiple de quatre, égal ou supé-  
rieur à huit, de secteurs identiques comportant chacun des plots  
magnétiques uniformément répartis au pas des dents du rotor et un  
15 bobinage unique embrassant l'ensemble des plots du secteur, deux  
secteurs consécutifs étant écartés l'un de l'autre d'un intervalle  
tel que, de l'un à l'autre, les dents du rotor reculent d'un quart  
dudit pas ou d'un multiple de ce quart de pas.

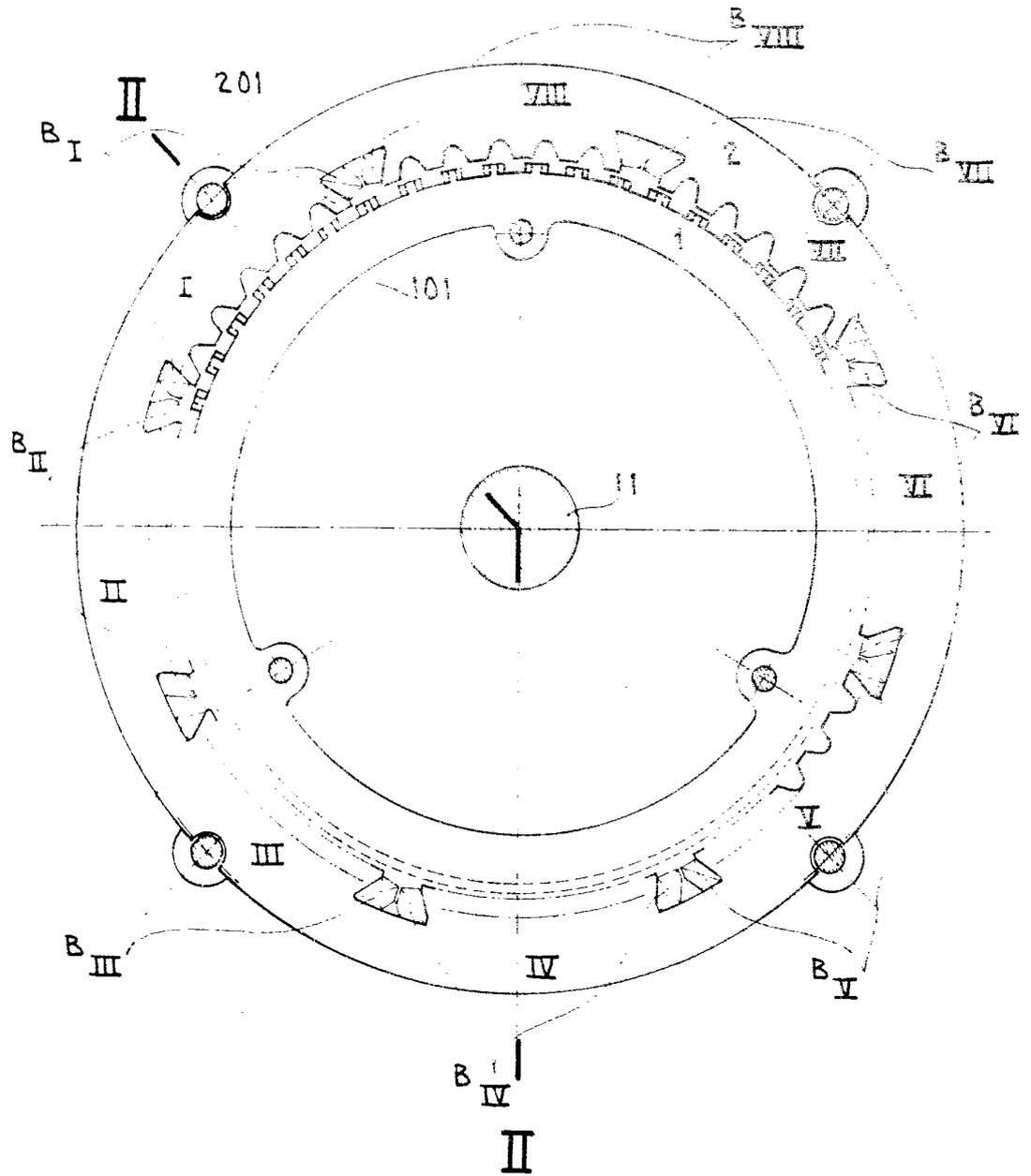
2 - Machine à réluctance variable selon la revendication 1,  
20 caractérisée en ce que la longueur périphérique de chaque plot est  
prise inférieure, et celle de chaque créneau entre plots, supérieure  
à celle de chaque dent du rotor.

3 - Machine à réluctance variable selon la revendication 1,  
où chaque dent est constituée par des lamelles ferro-magnétiques  
25 plongées dans un milieu non magnétique, caractérisée en ce que la  
densité de matériau ferro-magnétique sur la longueur périphérique  
de chaque dent est variable pour être relativement forte en partie  
axiale de la dent et moindre dans les deux parties extrêmes enca-  
drant la précédente.

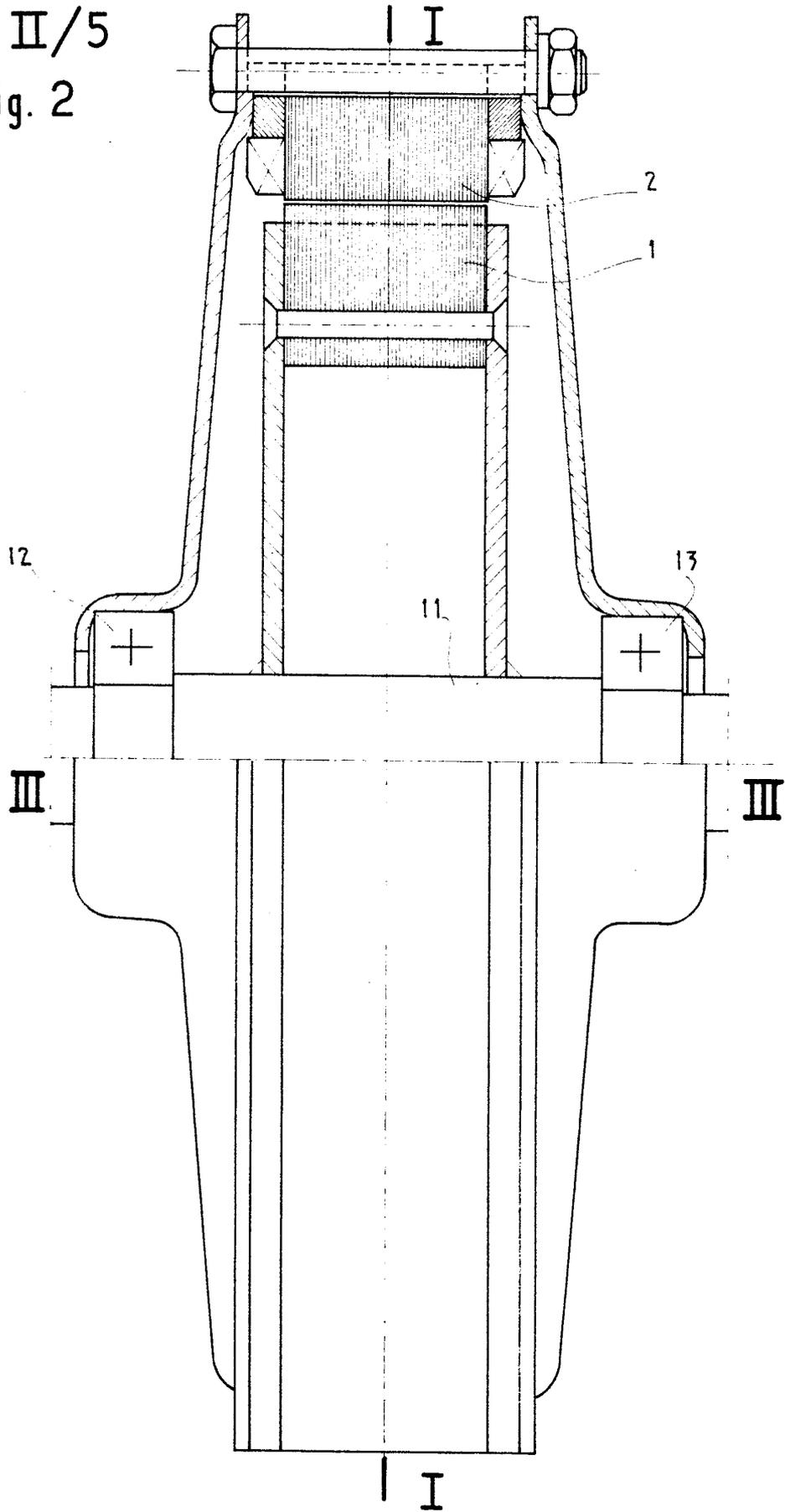
BAD ORIGINAL

PL. I/5

Fig. 1

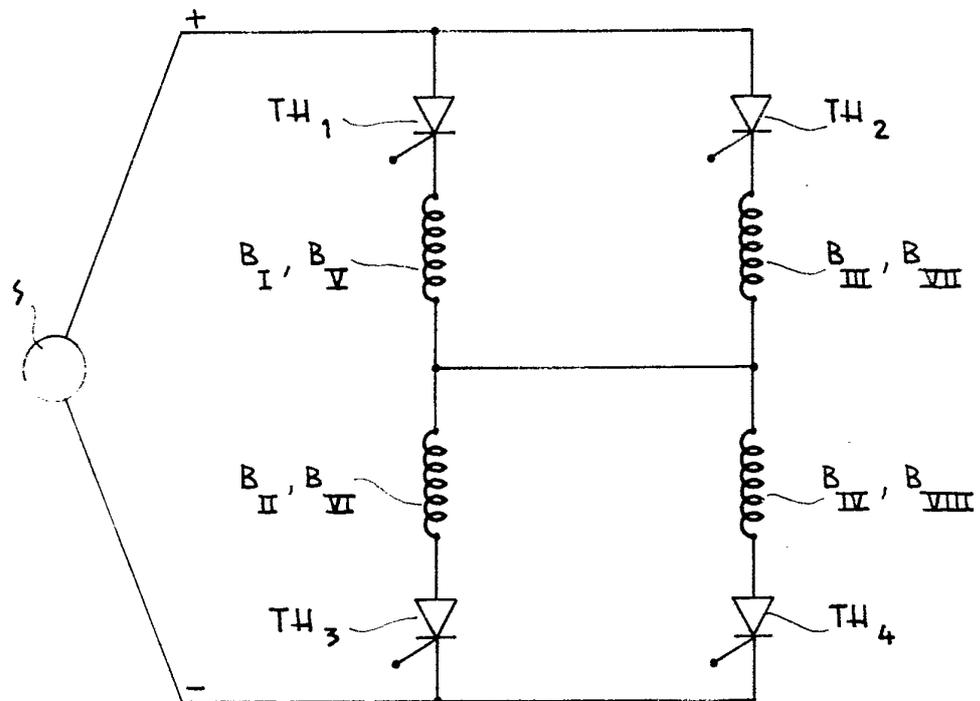


PL. II/5  
Fig. 2



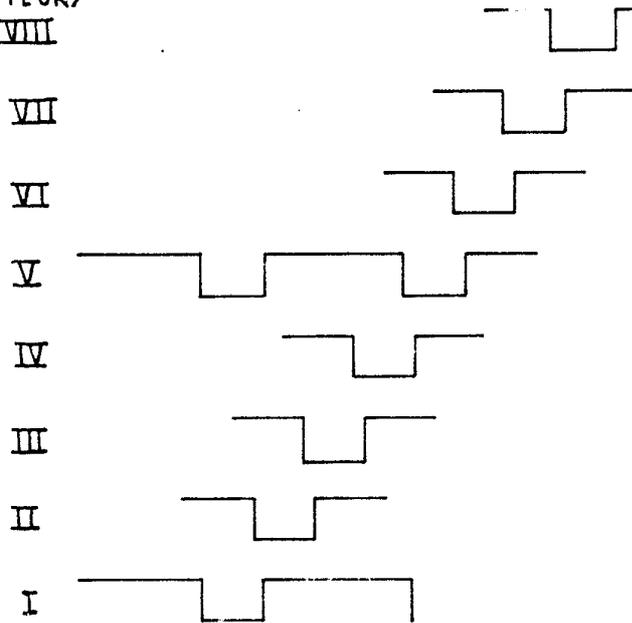
PL. III/5

Fig. 3

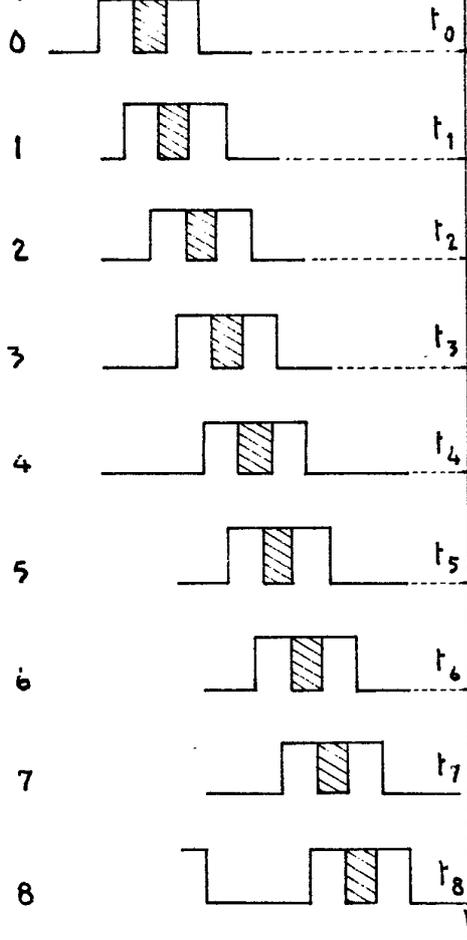


PL. IV/5 — Fig. 4

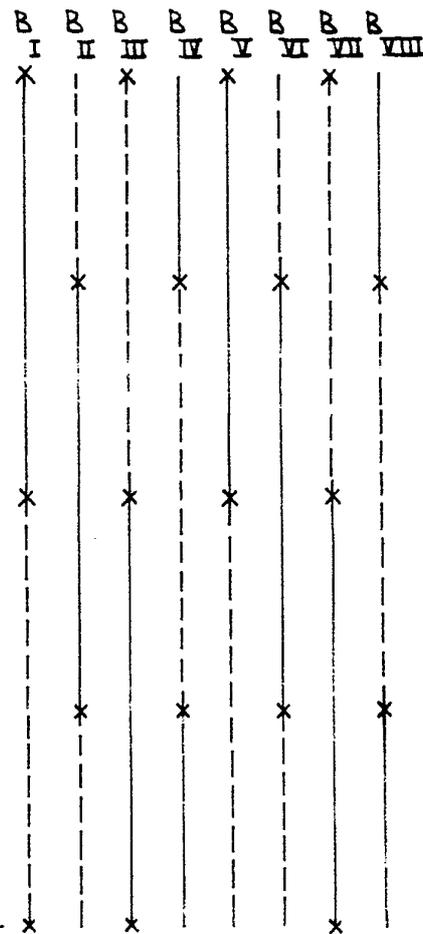
N° DES  
SECTEURS  
VIII



AVANCE ROTOR  
EN 1/8 PAS



COURANTS DANS LES BOBINES



PL.V/5  
Fig. 5

